

Patent No.: TW 453003

Title: A WAVELENGTH CONVERSION LASER AND A MACHINING DEVICE USING THE SAME

Abstract:

A wavelength conversion laser for generating sum frequency laser beam comprising a laser resonator, a solid-state laser active medium, a second harmonic generation wavelength conversion crystal and a sum frequency generation wavelength conversion crystal along the optical axis is set to be shorter than that of the sum frequency generation wavelength conversion crystal.

申請日期	88.11.18
案 號	88120111
類 別	H01S 309

A4  
C4

5/6

453003

(以上各欄由本局填註)

# 發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	波長變換雷射裝置及雷射加工裝置
	英 文	A WAVELENGTH CONVERSION LASER AND A MACHINING DEVICE USING THE SAME
二、發明 人	姓 名	1. 今野進 2. 安井公治 3. 熊本健二 4. 岩城邦明
	國 籍	日本國
三、申請人	住、居所	1.2.3.4.地址同 日本國東京都千代田區丸之內 2 丁目 2 番 3 號 三菱電機股份有限公司內
	姓 名 (名稱)	三菱電機股份有限公司
	國 籍	日本國
	住、居所 (事務所)	日本國東京都千代田區丸之內 2 丁目 2 番 3 號
	代 表 人 姓 名	谷口一郎

FP03-0166 -00TW-HP
07.10.31
ALLOWED

裝

訂

線

453003

(由本局填寫)

承辦人代碼：

A6

大類：

B6

IPC分類：

本案已向：

日本國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ☒有 ☐無主張優先權

1998年11月18日 特願平10-328169(主張優先權)

有關微生物已寄存於：

，寄存日期：

，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

## 四、中文發明摘要(發明之名稱：

## 波長變換雷射裝置及雷射加工裝置)

本發明提供一種波長變換雷射裝置及雷射加工裝置，用於產生合成頻率雷射光束之波長變換雷射裝置包含有雷射諧振器、固態雷射活性介質、二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體，其中二次諧波生成波長變換晶體在光學軸上之長度設定較合成頻率生成波長變換晶體之長度短。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

訂

## 英文發明摘要(發明之名稱：A WAVELENGTH CONVERSION LASER AND A MACHINING DEVICE USING THE SAME)

A wavelength conversion laser for generating sum frequency laser beam comprising a laser resonator, a solid-state laser active medium, a second harmonic generation wavelength conversion crystal and a sum frequency generation wavelength conversion crystal, wherein the length of the second harmonic generation wavelength conversion crystal along the optical axis is set to be shorter than that of the sum frequency generation wavelength conversion crystal.

## 五、發明說明(1)

### [發明背景]

本發明係關於波長變換雷射裝置及雷射加工裝置，其中此雷射裝置以具有高再製性之穩定方法產生高輸出功率與高聚焦性之合成頻率雷射光束。

第15圖係顯示傳統之波長變換雷射裝置之構造簡圖，舉例而言，如在日本公開特許公報第148096/1975號(Takukaishou 50-1480961)中所顯示的。在第15圖中，參考數字1係表示對基礎波雷射光束(fundamental laser beam)而言具有高反射率之雷射諧振鏡(laser resonator mirror)，數字3係表示固態活性介質，數字6C係表示二次諧波生成波長變換晶體，7C係表示合成頻率生成(三次諧波生成)轉換晶體，9為雷射諧振鏡，其對二次諧波雷射光束及基礎波雷射光束而言具有高反射率，而18為對基礎波雷射光束而言具有高反射率且對二次諧波和合成頻率雷射光束而言具有高傳導性之反射鏡。

在第15圖所顯示之波長轉換雷射裝置中，將部份由包含有雷射諧振鏡1、9和反射鏡18及固態活性介質3之雷射諧振器所產生之基礎波雷射光束利用位於雷射諧振器內之二次諧波生成波長變換晶體6C變換成二次諧波雷射光束，且將部份藉此方式所產生之二次諧波雷射光束和部份的基礎波雷射光束利用合成頻率生成波長轉換晶體7C變換成做為合成頻率雷射光束之三次諧波雷射光束。可從反射鏡18分離出未波長變換之二次諧波雷射光束( $2\omega$ )和三次諧波雷射光束( $3\omega$ )。在如上所述之波長變換雷射裝置

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

## 五、發明說明(2)

中，將合成頻率生成波長變換晶體和二次諧波生成波長變換晶體插入雷射諧振器中以便產生合成頻率雷射光束，藉由交互調整各波長變換晶體之角度與溫度可將合成頻率雷射光束之輸出最大化。

在如第 15 圖所顯示之情況中，藉由將合成頻率生成波長變換晶體和二次諧波生成波長變換晶體插入雷射諧振器中可建構用於產生合成頻率雷射光束之波長變換雷射裝置。然而，波長變換效率會隨著波長變換晶體的角度與溫度而改變，所以將導致在雷射諧振器內之基礎波雷射光束之特性亦隨之改變；因此，要建構具有高再製性之此種裝置是很困難的。建構此種裝置之複雜性及困難度遠較建構基礎波雷射光束生成裝置及建構二次諧波雷射光束生成裝置之複雜性及困難度要來得大，因為在其雷射諧振器內僅具有一個波長變換晶體。再者，在 Gazette 專利第 2654728 號等之中亦揭露有波長變換雷射裝置，在此其波長變換晶體是放置在雷射諧振器中；然而如第 15 圖所顯示的，就算應用這些裝置，亦很難提供具有高再製性之裝置。

在輸出功率變化是由波長變換晶體之角度和溫度決定之波長變換雷射裝置中之上述複雜性，和在製造此裝置時之不可避免的障礙，如零件的差異及個別操作者能力上之差異，使得在工廠中製造和大量生產波長變換雷射裝置是很困難的。再者，製造和維修裝置時所需之複雜工作程序亦使得生產成本提高。另一方面，其需要專精之工作人員。

當將由上述波長變換雷射裝置所產生之雷射光束用於

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

### 五、發明說明(3)

加工時，如果此雷射裝置之組成零件(如半導體雷射及用於加壓光源之燈泡、波長變換晶體與如反射鏡等之光學零件)損壞且必須更換時，必須對光學系統與諧振器進行費時之調整，因此即使是在相同操作條件下加工要重製與修理前相同之加工結果有時是很困難的，此乃因為雷射裝置無法重製出與修理前相同之狀態。

#### [發明概要]

依據本發明申請專利範圍第1項之波長變換雷射裝置，其為藉由將二次諧波生成波長變換晶體和合成頻率生成波長變換晶體放入雷射諧振器中而獲得合成頻率雷射光束之波長變換雷射裝置，其特性為二次諧波生成波長變換晶體之長度較所採用之合成頻率生成波長變換晶體為短。

再者，依據申請專利範圍第2項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之雷射裝置是相同的，其特性為合成頻率生成波長變換晶體是用於做為三次諧波生成波長變換晶體。

更進一步，依據申請專利範圍第3項之雷射裝置，與申請專利範圍第1項之波長變換雷射裝置是相同的，其特性為合成頻率生成波長變換晶體是由多個波長變換晶體做成的。

依據申請專利範圍第4項之雷射裝置，是與申請專利範圍第3項之雷射裝置相同的，其特性為合成頻率生成波長變換晶體為兩個波長變換晶體，所以可產生四次諧波雷射光束。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

## 五、發明說明(4)

再者，依據申請專利範圍第5項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之雷射裝置相同的，其特性為合成頻率生成波長變換晶體是放置在固態雷射活性介質與二次諧波生成波長變換晶體之間。

更進一步，依據申請專利範圍第6項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之雷射裝置相同的，其特性為將諧振Q值調變元件放置於雷射諧振器中。

依據申請專利範圍第7項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之雷射裝置相同的，其特性是此裝置中，裝設有可以不大於 $\pm 0.1$ 度之精確度，微調至少其中一個波長變換晶體之角度。

再者，依據申請專利範圍第8項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之波長變換雷射裝置相同的，其特性是在此裝置中，裝設有可以不大於 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之精確度，微調至少其中之一的波長變換晶體之溫度。

更進一步，依據申請專利範圍第9項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之波長變換雷射裝置相同的，其特性是在雷射諧振器中放入一偏光控制元件。

依據申請專利範圍第10項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之波長變換雷射裝置相同的，其特性是以Nd:YLF或Nd:YAF或Nd:YVO<sub>4</sub>做為固態雷射活性介質。

依據申請專利範圍第11項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之雷射裝置相同的，其特性是至少以LBO(LiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub>)晶體做為二次諧波生成波長變換晶體或合成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明(5)

頻率生成波長變換晶體的其中一個。

再者，依據申請專利範圍第12項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之波長變換雷射裝置相同的，其特性是合成頻率雷射光束的平均輸出功率不低於1W。

更進一步，依據申請專利範圍第13項之雷射裝置，是與申請專利範圍第1項之波長變換雷射裝置相同的，其特性是將二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體整合成一個波長變換元件，所以能整體地改變二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體之溫度或角度。

依據申請專利範圍第14項之加工裝置是利用在申請專利範圍第1項中所揭露之波長變換雷射所產生的波長變換雷射光束做為光源來加工加工物之雷射加工裝置。

### [圖式之簡短說明]

第1圖係顯示依據本發明實施例1至8之波長變換雷射裝置的配置。

第2圖係顯示當頻率變換晶體是放置在諧振器外部時，在諧振器外頻率變換之情況下，二次諧波雷射光束之平均輸出功率和波長變換體晶體之角度間關係之示意圖。

第3圖係顯示當頻率變換晶體是放置在諧振器內部時，在諧振器內頻率變換之情況下，二次諧波雷射光束之輸出功率和晶體角度間關係之示意圖。

第4圖係顯示利用放置於雷射諧振器內之二次諧波生成波長變換晶體和合成頻率生成波長變換晶體所產生之合

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明(6)

成頻率雷射光束之平均輸出功率和晶體角度之間的關係之示意圖。

第5圖係顯示在使用長的二次諧波生成頻率變換晶體之情形下，二次諧波雷射光束之平均輸出功率和晶體角度之間的關係之示意圖。

第6圖係顯示在使用短的二次諧波生成頻率變換晶體之情形下，二次諧波雷射光束功率和晶體角度之間的關係之示意圖。

第7圖係顯示在使用長的二次諧波生成波長變換晶體之情形下，合成頻率雷射光束之平均輸出功率和晶體角度之間的關係之示意圖。

第8圖係顯示在使用短的二次諧波生成波長變換晶體之情形下，合成頻率雷射光束之平均輸出功率和晶體角度之間的關係之示意圖。

第9圖係顯示依據二次諧波生成波長變換晶體之長度，其合成頻率雷射光束之功率變化的簡圖。

第10圖係顯示根據本發明實施例9之配置圖。

第11圖係顯示根據本發明實施例10之配置圖。

第12圖係顯示根據本發明實施例11之配置圖。

第13圖係顯示根據本發明實施例12之配置圖。

第14圖係顯示根據本發明實施例13之配置圖。

第15圖係顯示傳統波長變換雷射裝置之配置圖。

[詳細說明]

實施例 1

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明(7)

第1圖係顯示本發明實施例1之結構簡圖。在第1圖中，參考數字1為對基礎波雷射光束而言具有高反射率之雷射諧振鏡，2表示用於控制諧振器內基礎波雷射光束之偏光的偏光器如 Brewster 板，3為固態雷射活性介質，4為對基礎波雷射光束而言具有高反射率及對二次諧波雷射光束而言具有高穿透性之反射鏡，5為對合成頻率雷射光束而言具有高穿透性且對二次諧波雷射光束和基礎波雷射光束而言具有高反射率之反射鏡，6為用於產生二次諧波雷射光束之二次諧波生成波長變換晶體，7為用於產生合成頻率(或三次諧波)雷射光束之合成頻率生成波長變換晶體，8為做為諧振器 Q 值調變元件之 Q 值切換裝置，及 9 為對基礎波雷射光束與二次諧波雷射光束而言具有高反射率之雷射諧振鏡。再者，20 係標示雷射振盪之光學軸。如圖所示，將二次諧波生成波長變換晶體 6 在光學軸方向上之長度  $l_2$  設定為較合成頻率生成波長變換晶體 7 在光學軸方向上之長度  $l_3$  短。

在第1圖所顯示之波長變換雷射裝置中，利用組構成雷射諧振器之雷射諧振鏡 1 和 9、做為對基礎波光束而言為可偏折光束反射鏡之反射鏡 4 及 5、固態雷射活性介質 3、偏光器 2 和 Q 值切換裝置 8 產生線性偏光之基礎波脈衝雷射光束，且將此光束之一部份藉由放置在雷射諧振器中之二次諧波生成波長變換晶體 6 變換成二次諧波雷射光束。將因此而產生之二次諧波雷射光束的一部份和尚未變換成二次諧波雷射光束之基礎波雷射光束之一部份藉由放

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明(8)

置在雷射諧振器中之合成頻率生成波長變換晶體 7 而變換成做為合成頻率雷射光束之三次諧波雷射光束。從反射鏡 5 中抽離因此而產生三次諧波雷射光束( $3\omega$ )，且從反射鏡 4 抽離因此而產生二次諧波雷射光束( $2\omega$ )。

在此，藉由本發明，第一次發現到將二次諧波生成波長變換晶體 6 在光學軸方向上之長度  $l_{2\omega}$  設定為較合成頻率生成波長變換晶體 7 在光學軸方向上之長度  $l_{3\omega}$  短，可以降低由二次諧波生成波長變換晶體之角度與溫度在合成頻率雷射光束產生所導致的負面影響，因而可提供高合成頻率產生效率。下面的說明將解釋此一成就的原因所在。

為了說明在內部合成頻率生成中波長變換晶體之角度和雷射光束之輸出功率的關係，首先將先對諧振器外之波長變換做一說明，換句話說，當將波長變換晶體放置在諧振器之外時，在二次諧波生成中波長變換晶體之角度與雷射光束之輸出的關係。第 2 圖係顯示為二次諧波雷射光束之輸出功率與波長變換晶體繞著相位匹配角度  $\theta_0$  的角度  $\theta$  之關係圖，其可見於文件“非線性光學晶體手冊”

(“Handbook of Nonlinear Optical Crystals”)，(二版，修訂及更新版(Springer Verlag))，等。波長變換晶體在水平軸上之角度是以偏離相位匹配角  $\theta_0$  之角度差  $(\theta - \theta_0)$  表示(此處之基礎波光束之入射條件為常數)。在第 2 圖中，二次諧波雷射光束輸出  $I$ ，相位未匹配之數量  $\Delta K$  及二次諧波生成波長變換晶體之長度  $l$  三者間之關係是以下式表之：

$$I \propto (\sin(\Delta K \frac{l}{2}) / (\Delta K \frac{l}{2}))^2 \quad (1)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

## 五、發明說明( 9 )

在第(1)式中，相位未匹配之數量 $\Delta K$ 與偏離相位匹配角的角度差 $(\theta-\theta_0)$ 成正比

$$\Delta K \propto (\theta - \theta_0) \quad (2)$$

此處，相位匹配接受角度 $\Delta\theta$ 通常用來作為描述波長變換晶體角度關係特性之數值。如第2圖所示， $\Delta\theta$ 表在二次諧波雷射光束之輸出功率為最大值輸出功率之一半時，其角度間的角寬度。此處，由第(1)式與 $\Delta\theta$ 的關係，當 $\Delta K l = 0.886\pi$ 時， $(\theta - \theta_0) = \Delta\theta$ 。 $\Delta\theta$ 為用於波長變換晶體及其相位匹配方法之固有值。

關於在“非線性光學晶體手冊”(二版，修訂及更新版(Springer Verlag))中所報導之特殊例子的數值，當LBO( $\text{LiB}_3\text{O}_5$ )型式1角度相位匹配了二次諧波生成時， $\Delta\theta = 0.34$ (度 $\times$ 公分)，及當KTP( $\text{KTiOPO}_4$ )型式2角度相位匹配了二次諧波生成時， $\Delta\theta = 0.53$ (度 $\times$ 公分)。

當波長變換晶體之角度改變時，當 $\Delta K \frac{l}{2} = 0, \pm(2n+1)\frac{\pi}{2} (n=1,2,3,\dots)$ 時將出現一波峰，因此波長變換晶體的長度愈長，如第2圖所示，其二次諧波之輸出波峰間隔和各波峰之寬度愈窄，此結果導致當波長變換晶體之長度加長時，在二次諧波生成波長變換晶體是在所給定角度範圍內移位之情形下，出現的二次諧波輸出功率之峰數增加。

在此，當二次諧波波長變換晶體是放在基礎波雷射諧振器之外部以便實現二次諧波生成時，亦即，腔外之波長變換情形，如第2圖所示在相位匹配角 $\theta_0$ (式(1)中 $\Delta k l = 0$ )的二次諧波輸出較在其他波峰(式(1)中 $\Delta K \frac{l}{2} = \pm(2n+1)\frac{\pi}{2} (n=1,2,3,\dots)$ )

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

## 五、發明說明 ( 10 )

的二次諧波輸出要大得多；因此，在實際應用時可輕易地實現此配置而不會引起困難。

依據上述說明，將以把二次諧波生成波長變換晶體放在雷射諧振器內部以便實現波長變換為例子進行說明，亦即，在腔內之波長變換情形。第 3 圖係顯示當只把二次諧波生成波長變換晶體放在雷射諧振器內作為波長變換晶體以便實現二次諧波生成時，其波長變換晶體之角度與二次諧波雷射光束之輸出功率(線 B)及腔內基礎波雷射光束之功率(線 A)的關係。為了做比較，虛線(C)係用於顯示當利用相同的波長變換晶體實現腔外波長變換時所得到的角度關係圖。在線 B 與 C 間之箭頭表示由腔外變換情形至腔內變換情形時，其二次諧波雷射光束之輸出功率的變化情形。

接下來之描述將討論第 3 圖中所顯示之特性的原因。當將二次諧波生成波長變換晶體放置於雷射諧振器內部以便藉由利用對基礎波雷射光束而言具有高反射率之反射鏡所建構之雷射諧振器來實現二次諧波生成時，在諧振器內以變換成二次諧波光束之基礎波光束功率之部份從諧振器內抽離做為輸出。基此理由，增加二次諧波光束之變換效率實際上如同增加基礎波光束的輸出耦合率(coupling rate)，反之，降低變換效率實際上如同減少輸出耦合率。因此，當二次諧波光束的變換效率增加時，在諧振器內部的基礎波光束功率便減少，而當二次諧波光束的變換效率降低時，在諧振器內部的基礎波光束功率將增加。如第 3

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 11 )

圖所顯示，當二次諧波生成波長變換晶體的角度改變時，諧振器內之基礎波功率在具有高波長變換效率之某一角度(例如，相位匹配角 $\theta_0$ )時下降；反之，諧振器內之基礎波功率在具有低的波長變換效率之某一角度時增加。在此，二次諧波光束輸出功率等於(波長變換效率)及(腔內基礎波光束功率)之乘積；因此，若與由虛線所顯示之外部波長變換相比較，在腔內波長變換時，在具有較高波長變換效率之角度時之二次諧波雷射光束之輸出功率與在具有較低波長變換效率之角度時之二次諧波雷射光束輸出功率間之差異變小。因此，如第3圖所顯示，除了相位匹配角 $\theta_0$ 之外的角度時(第(1)式中之 $\Delta K \frac{1}{2} = \pm(2n+1)\frac{\pi}{2}$  ( $n=1,2,3,\dots$ ))和在相位匹配角 $\theta_0$ (第(1)式中之 $\Delta K \frac{1}{2} = 0$ )時，其二次諧波輸出功率波峰之間的差異變小。因此，如第3圖所顯示，其輸出並未具有很大大差異之複數個波峰係出現在由第3圖所顯示之二次諧波生成波長變換晶體角度上之二次諧波輸出所決定之角度上，其導致要藉由改變角度找出獲得最大二次諧波輸出之角度是很困難的。在過去，並未實現對在腔內光束功率之這些變化所引起的二次諧波雷射光束輸出與複雜的波長變換晶體角度之關係進行詳細觀察。

再者，在腔內波長變換時，諧振器內由如上所述之二次諧波生成波長變換晶體角度所決定之基礎波光束之功率變動，在當將諧振器 Q 值調變元件放置於諧振器內以便實現 Q 切換振盪器時，會變得很明顯，此乃因為其高波長變換效率。在此情況下，由如上所述之波長變換晶體角

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

## 五、發明說明 ( 12 )

度所決定之二次諧波輸出特性將變得很複雜。

緊接著將說明，假如實現合成頻率生成之配置為利用在藉由具有上述特性之腔內波長變換為二次諧波生成建構之同時，在雷射諧振器內加裝一個用於實現合成頻率生成之合成頻率生成波長變換晶體時，其合成頻率雷射光束之輸出和二次諧波生成波長變換晶體之角度間的關係。第4圖係顯示當在二次諧波生成波長變換晶體之角度改變時，在諧振器內合成頻率雷射光束輸出(線B)與基礎波雷射光束功率(線A)之變化情形。為作比較，虛線(C)表示在腔外變換情形下，二次諧波雷射光束功率。由於二次諧波雷射光束輸出與(在波長變換晶體處之基礎波雷射光束強度)<sup>2</sup>成正比，及由於合成頻率雷射光束輸出與(二次諧波雷射光束在波長變換晶體處之強度)×(基礎波雷射光束在波長變換晶體處之強度)成正比，所以當比較由第3圖與第4圖之虛線所表示之二次諧波輸出時，合成頻率雷射光束之輸出較可能受腔內基礎波雷射光束功率變化的影響。因此，如第4圖所顯示，當二次諧波生成波長變換晶體之角度位於相位匹配角 $\theta_0$  (第(1)式之 $\Delta K \frac{1}{2} = 0$ )時，與位於相位匹配角 $\theta_0$ 周圍之波峰(第(1)式之 $(\Delta K \frac{1}{2} = \pm(2n+1)\pi/2 (n=1,2,3,\dots))$ )時，其合成頻率雷射光束輸出之差異變比在二次諧波生成時更小。因此，當與第3圖中之二次諧波輸出特性相比較時，具有相近輸出之波峰數更為增加，導致其很難藉由改變角度之方式找尋獲得最大合成頻率輸出之角度。

再者，當將二次諧波產生波長變換晶體之長度設定成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 ( 13 )

較預定長度長時，如第 4 圖所顯示，在合成頻率生成波長變換晶體處之二次諧波雷射光束強度在二次雷射諧波光束輸出最高點之相位匹配角  $\theta_0$  處及其周圍變得更高，然而基礎波雷射光束之強度卻下降，結果，如第 4 圖中 a 與 b 部份所顯示，有時可從偏離而獲得最大二次諧波輸出之相位匹配角  $\theta_0$  處得到最大的合成頻率雷射光束輸出。在此情形下，可獲得更多相似的合成頻率雷射光束輸出的波峰。有關波長變換雷射裝置之組合順序，首先，將構成雷射諧振器之反射鏡之一設定為基礎波光束之部份穿透反射鏡，且當將一部份的基礎波雷射光束抽離諧振器時，此光學元件之配置使得雷射諧振鏡對基礎波輸出而言是最佳化的。其後，將部份穿透反射鏡換成全反射反射鏡，且將二次諧波生成波長變換晶插入雷射諧振器以便使光學元件與波長變換晶體之角度對二次諧波雷射光束輸出而言是最佳化的。然後，將合成頻率生成波長變換晶體插入雷射諧振器內，所以可排列波長變換晶體與光學元件以便實現合成頻率生成的輸出。在此，由於藉由將合成頻率生成波長變換晶體插入雷射諧振器內而改變光學元件與波長變換晶體之最佳角度，且因為用於二次諧波產生時之二次諧波生成波長變換晶體的最佳角度並不需要與用於穩定且高輸出之合成頻率生成的最佳角度一致，所以在很多情況下構成雷射諧振器之二次諧波產生波長變換晶體與光學元件必須重新排列。因此，當產生合成頻率雷射光束時，必須藉由改變二次諧波波長變換晶體之角度而實現用於找尋最佳角度之排

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

## 五、發明說明 ( 14 )

列程序。因此，對應於二次諧波生成波長變換晶體之角度，因為存在許多具有相同大小之合成頻率雷射輸出之波峰存在，將成為建構具有高重製性之穩定波長變換裝置之主要障礙。

再者，當嘗試將在腔內波長變換合成頻率雷射光束產生裝置的合成頻率雷射光束輸出增加到最大時，由基礎波光束變換到二次諧波光束之效率具有一最佳值，換句話說，並不愈高就愈好。也就是說，當變換成二次諧波光束之效率太高，則基礎波光束減少，導致合成頻率光束輸出功率降低。相反的，有關由基礎波光束及二次諧波光束變換成合成頻率光束之效率，若其變成愈高時，所產生之合成頻率雷射光束就愈大。以此方式，為了抑制變換成二次諧波光束之波長變換效率並增加變換成合成頻率光束之波長變換效率，將合成頻率產生波長變換晶體之長度設定為較長，換句話說，將二次諧波生成波長變換晶體之長度設定為較合成頻率產生波長變換晶體的長度短；因此，藉由增加合成頻率生成效率，可建構具有高重製性之穩定波長變換雷射裝置。此一事實是首先由本發明所披露。

接下來將討論由二次諧波生成波長變換晶體之合成頻率輸出所決定之角度如何依據二次諧波波長變換晶體之長度而改變。首先，第 5 圖和第 6 圖係分別顯示當二次諧波波長變換晶體具有較長之長度和當其具有較短之長度時，腔內基礎波雷射光束之功率(線 A)和二次諧波雷射光束之功率(線 B)在二次諧波生成波長變換晶體之角度上之關係

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

## 五、發明說明 ( 15 )

圖，假設此時未插入合成頻率產生波長變換晶體。虛線(C)表示在腔外變換時二次諧波雷射光束之功率。

比較第 5 圖及第 6 圖，為了如第 2 圖和第 3 圖所解釋之相同原因，當比較第 5 圖時，假如第 6 圖中所顯示為二次諧波生成波長變換晶體之長度較短，則因為二次諧波雷射光束輸出(及基礎波雷射光束功率)之波峰(及弛度)間之角寬度與角間隔變寬，所以使得由波長變換晶體之角度所決定之二次諧波雷射光束輸出逐漸改變，且其波峰數減少。因此，藉由使用較短的二次諧波生成波長變換晶體，可簡化波長變換雷射光束輸出和二次諧波生成波長變換晶體角度之關係，並可以得到易調整的雷射裝置。

再者，第 7 圖及第 8 圖係分別顯示當二次諧波波長變換晶體具有較長之長度和當其具有較短之長度時，二次諧波生成波長變換晶體之角度和合成頻率輸出功率(線 B)之關係圖，假設此時將合成頻率產生波長變換晶體插入諧振器內以便產生合成頻率雷射光束。為了比較，虛線(C)表示二次諧波雷射光束之功率。比較第 7 圖與第 8 圖可得知，以與前述在諧振器內部之二次諧波生成相同之方法，假如二次諧波生成波長變換晶體為如第 8 圖所顯示具有較短之長度，其二次諧波雷射光束強度(及腔內基礎波雷射光束功率)之波峰(凹處)角寬度及波峰(凹處)間隔都加寬，且其波峰數減少。因此，提供具有較簡單的二次諧波生成波長變換晶體角度關係且可輕易操作之雷射裝置是有可能的。有關特定數值，舉例而言，在使用相位匹配 LBO( $\text{LiB}_3\text{O}_5$ )

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

## 五、發明說明 ( 16 )

型 1 之情形下，由第(1)式得知當晶體長度為 15mm 時，則約每 8mrad 出現一波峰，而當晶體長度為 5mm 時，則約 24mrad 出現一角度較寬的波峰；且在實際測量與這些波峰的間隔在實質上是一致的。

再者，如第 4 圖中所解釋，當使用較長的二次諧波生成波長變換晶體時，在合成頻率生成波長變換晶體處之二次諧波雷射光束強度在二次雷射諧波光束輸出最高點之相位匹配角  $\theta_0$  處及其周圍變得更高，因為從基礎波雷射光束波長變換成二次諧波雷射光束之波長變換效率太高，所以使諧振器內之基礎波功率降低，其結果如第 7 圖所顯示，在由二次諧波生成波長變換角度決定之合成頻率雷射光束輸出特性上出現其它的波峰。相反地，如第 8 圖所顯示，藉由使用較短的二次諧波生成波長變換晶體，在相位匹配角  $\theta_0$  及其周圍處之從基礎波雷射光束波長變換成二次諧波雷射光束之波長變換效率降低以致於基礎波雷射光束強度增加；因此，建構可以在二次雷射諧波光束輸出變成最大時之相位匹配角  $\theta_0$  及其周圍處獲得最高的合成頻率雷射光束輸出之雷射裝置是有可能的。

接下來的說明將討論所導致之合成頻率雷射光束輸出如何隨二次諧波生成波長變換晶體之長度變化。第 9 圖所顯示為當二次諧波生成波長變換晶體之長度改變時，合成頻率雷射光束輸出之變化關係，此時在用於如第 1 圖所顯示之腔內波長變換合成頻率生成之結構中，合成頻率生成波長變換晶體之長度  $l_{3\omega}$  是固定的。如第 9 圖所顯示，相

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

### 五、發明說明 ( 17 )

對於二次諧波生成波長變換晶體，當在二次波長生成波長變換晶體長度改變時監控合成頻率之輸出為何時，存在一可獲得合成頻率雷射光束之最大輸出的波峰(在第 9 圖中具有長度  $l_1$  的點)。且當將二次諧波生成波長變換晶體的長度設定成不短於  $l_1$  時，大部情形下合成頻率輸出會輕微地減少，至少說輸出不會大量增加。主要原因如下：

(1)用於降低基礎波腔內功率之效應變成大於增加二次諧波輸出功率之效應。

(2)因為二次諧波生成波長變換晶體之波長變換效率增加而使得脈波寬度變長。

在此情形下，如稍早所述，當二次諧波生成波長變換晶體之長度變長時，有一些波峰出現在由二次諧波生成波長變換晶體角度所決定之合成頻率雷射光束輸出上，因而導致調整困難之問題。

對於第 9 圖中所顯示之特性，給予由實驗證得之特定數值。在如第 1 圖之相同結構中，將具有 10mm 長度  $l_{30}$  之三次諧波生成 LBO 晶體做為合成頻率產生波長變換晶體，且在具有數 kHz 重覆頻率和大約是 5 到 10W 合成頻率光束輸出之雷射裝置中，其二次諧波產生波長變換晶體之長度是變動的；因此，生成最大合成頻率光束功率的  $l_1$  實質上等於 3mm。再者，在二次諧波生成波長變換晶體之長度不低於 10mm( $l_{30}$ )的情形下，即使如第 9 圖所示加長二次諧波產生波長變換晶體，輸出並未改善且其特性顯示有輕微的減少。在此，經實驗證明二次諧波產生波長變

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 18 )

換晶體的角度出現如第 7 圖中所示之依存關係，使得調整變成非常地複雜。如上所描述，已經實驗確定，當二次諧波生成波長變換晶體之長度與合成頻率生成波長變換晶體之長度比較下將前者縮短時，將可得到足夠的合成頻率輸出功率並亦可使調整容易些。

再者，當將二次諧波生成波長變換晶體設定成較短時，由基礎波雷射光束變換為二次諧波雷射光束之波長變換效率降低，導致脈波寬度縮短且基礎波和二次諧波之波峰強度變高(如應用物理期刊，第 41 期，第 609 頁所顯示之"透過過耦合之內部二次諧波生成之脈波伸長")(Journal of Applied Physics vol41, p609(Pulse Lengthening via Overcoupled Internal Second-Harmonic Generation))。由於合成頻率生成效率是與入射的基礎波光束及二次諧波光束之強度成正比，所以安裝可用於加強由基礎波光束和二次諧波光束變換成合成頻率光束之波長變換效率之雷射裝置是有可能的。

再者，波長變換晶體愈大時，要將其作成均勻晶體愈困難。(波長變換晶體愈長時，晶體價格就愈高。)因此，使用較短的二次諧波生成波長變換晶體可降低成本且因此可以低成本建構具有所需性能之波長變換雷射裝置。在此，對於長度之最低限制，大約是設定在不低於 0.5mm，該值是在考慮波長變換晶體的製作限制與波長變換效率減少之情形下所設定的。

再者，有關插入波長變換晶體之位置，在如第 1 圖所

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 19 )

顯示之波長變換雷射裝置中，所進行之配置使得合成頻率生成波長變換晶體 7 是位在固態雷射活性介質 3 與二次諧波生成波長變換晶體 6 之間；在此配置中因為合成頻率輸出功率是從反射鏡 5 抽離出，所以當基礎波與二次諧波從反射鏡 9 反射並返回時，基礎波光束與二次諧波光束將僅限於同時經過合成頻率波長變換晶體 7 一次，這可減少因波長變換晶體之溫度變化和角度變化而在合成頻率生成效率上的負面效應，因而使得獲得穩定裝置是可能的。相反的，當二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率波長變換晶體的位置對調時，也就是二次諧波生成波長變換晶體是位於合成頻率生成波長變換晶體與固態雷射活性介質之間，當基礎波光束和二次諧波長從二次諧波生成波長變換晶體上入射且由反射鏡 9 反射時，其同時通過合成頻率生成波長變換晶體的次數將增加到二次，導致波長變換晶體的溫度及角度對合成頻率生成效率之負面效應變大，且致使雷射裝置不穩定。實際上，在第 1 圖中所示之結構中，藉由使用具有 5 到 10W 的合成頻率輸出功率及~100ns 脈衝波寬度的 Q 脈衝波長變換雷射裝置，藉由將具有 10mm 長度之 LBO 晶體做為合成頻率(三次諧波)波長變換晶體，和藉由將具有 5mm 長度之 LBO 晶體做為二次諧波生成波長變換晶體，當改變合成頻率產生波長變換晶體之溫度時可發現波長變換雷射光束之輸出功率及腔內基礎波雷射光束之輸出功率改變。結果顯示允許合成頻率輸出變成為最大輸出之 95% 的溫度範圍(允許輸出在一較高溫度位準與

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 20 )

較低溫度位準下變為最大輸出的 95% 之溫度差)大約是 1 到 2 度；而當波長變換晶體之位置對調時，溫度範圍變成不超過 0.3 度因此可確定第 1 圖之結構是比較優越的。

### 實施例 2

可將用於以不超出  $\pm 0.1$  度之準確度微調角度之裝置加至第 1 圖所顯示之二次諧波生成波長變換晶體或合成頻率生成波長變換晶體。通常，角度調節相位匹配型之波長變換晶體(是一種主要以微調波長變換晶體的角度而達相位匹配之波長變換晶體，且可依據波長變換晶體之角度而大大改變相位匹配之條件)在操縱裝置時常需要微調波長變換晶體的角度，因此，合成頻率輸出和波長變換晶體角度之複雜關係，參考第 2 到 8 圖之說明，將大大地影響波長變換裝置的操作。因此，當使用角度相位匹配型波長變換晶體時，藉由縮短二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長晶體比較下之長度而獲得之效應將變為較大。在一可如前實施例有完成微調角度精確度在不超出  $\pm 0.1$  度的機構之波長變換雷射裝置中，將二次諧波生成波長變換晶體設定較總和頻率產生波長變換晶體為短，亦可提供一能輕易操縱且有高再製性的雷射裝置。

### 實施例 3

可將用於以不超出  $\pm 0.5$  度(攝氏)之準確度微調溫度之裝置加至第 1 圖所顯示之二次諧波生成波長變換晶體或合成頻率生成波長變換晶體。有些波長變換晶體具有窄的溫度容忍度，例如，當以三次諧波生成型式 2 之相位匹配 LBO

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 ( 21 )

晶體做為合成頻率生成波長變換晶體時，其溫度容忍度顯示為 3.7 度(其為兩個溫度之溫度範圍，在此具有 1cm 長度之晶體，當與在相位匹配溫度時之變換效率相比變換效率降至一半)(如在“非線性光學晶體”，(二版，重新修訂及更新版片(Springer Verlag)，等)中所記載的。當使用這種具有相當窄溫度容忍度之波長變換晶體時，有時必須控制波長變換晶體之溫度，以便可建構一雷射裝置，其可將輸出功率壓抑在一不會在實際使用中引起問題之範圍內，其亦能避免因腔內基礎雷射光束功率增加所導致之波長變換晶體之破壞，其中功率增加是由波長變換晶體內快速溫度變化而在相位匹配條件導致之退化而引起的；且可長時間穩定地操作之。在本實施例中，在波長變換雷射裝置中提供可以不超過 $\pm 0.5$ 度之準確度控制波長變換晶體溫度之機構，將二次諧波生成波長變換晶體設定為較合成頻率生成波長變換晶體短，所以能提供具高重製性且能輕易操縱的穩定雷射裝置。

### 實施例 4

有關用於如第 1 圖所顯示之波長變換雷射裝置之固態雷射活性介質，可採用 Nd:YAG。Nd:YAG 是一種在化學穩定性及機械強度上很優越之具有相當高之熱傳導性及熱碎限制的雷射材料。再者，當與其它固態雷射活性介質相比較，此材料能以低成本提供在光學上具有高品質之晶體。將 Nd:YAG 應用做為固態雷射活性介質使得在低成本下建構易操作之具有高再製性與伸縮性之雷射裝置。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 22 )

### 實施例 5

有關用於如第 1 圖所顯示之波長變換雷射裝置之固態雷射活性介質，可採用 Nd:YLF。Nd:YLF 具有小的熱透鏡效應。通常，當使用固態雷射活性介質建構雷射裝置時，雷射的輸出由於固態雷射活性介質之熱透鏡焦距的變化而變得不穩定。再者，當執行 Q 脈波振盪時，脈波到脈波的穩定性有時會下降。將具有這種小熱透鏡效應之 Nd:YLF 應用做為固態雷射活性介質使得可建構一具有寬的可穩定操作輸出範圍之可輕易操縱的穩定雷射裝置。再者，如果合成頻率生成是以 Q 脈波振盪的方法所完成，則建構具有優越的脈波至脈波穩定度之裝置是有可能的。

### 實施例 6

在第 1 圖中所顯示之波長變換雷射裝置可使用 Nd:YVO<sub>4</sub> 作為固態雷射活性介質。Nd:YVO<sub>4</sub> 具有寬的波長吸收寬度用以加壓光線與較大的雷射截面積。應用 Nd:YVO<sub>4</sub> 作為固態雷射活性介質可提供對加壓光線波長的變化有一較高之容忍度。再者，因為寬的波長吸收寬度及雷射截面積，所以可提供高基礎波光束生成效率。再者，當建構 Q 脈衝雷射裝置，由於雷射截面積較大，就算是藉由使用高重複率而執行 Q 值切換操作，亦可產生具有較短脈波寬度之波長變換雷射光束。尤甚者，由於脈波寬度較窄，所以可增加波長變換效率。應用具有上述特性的 Nd:YVO<sub>4</sub> 可提供能更輕易操縱之波長變換雷射裝置。

### 實施例 7

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 23 )

第 1 圖中所顯示之波長變換雷射裝置可使用 LBO ( $\text{LiB}_3\text{O}_5$ ) 做為二次諧波生成波長變換晶體或合成頻率生成波長變換晶體。若與其它晶體比較，LBO 晶體有較高的破壞臨限值；因此，其可產生具高輸出及高波峰脈衝之波長變換雷射光束。再者，若與其它像 KTP 晶體之二次諧波生成波長變換晶體比較，其由溫度所決定之折射常數中具有較小的變動且具有較高的熱傳導性；因此，其不易受熱產生的影響。更甚者，當與現在用來作為三次諧波生成之  $\beta$ -BBO 晶體比較，由於此材料具有較寬的相位匹配角容忍度，所以可產生具有較高循環比率(定義為最小直徑除以最大直徑)之合成頻率雷射光束。再者，因為它的高熱傳導性，所以可以穩定方式產生具高輸出功率及高效率之合成頻率雷射光束。藉由使用具有上述優越特性的 LBO 晶體做為在第 1 圖中所顯示之二次諧波生成波長變換晶體或合成頻率生成波長變換晶體，可建構具高輸出功率與高效率且可輕易操縱之穩定波長變換雷射裝置。

### 實施例 8

本發明之波長變換雷射裝置在合成頻率雷射光束平均輸出不低於 1W 時特別有效率。當由合成頻率生成波長變換晶體及二次諧波生成波長變換晶體抽離出之波長變換雷射光束的平均輸出功率變得較大時，在波長變換晶體上發生熱變形，使得輸出功率變得不穩定且光學元件之調準變得更困難。再者，由於固態雷射活性介質需被強力加壓以便增加輸出功率，所以固態雷射活性介質也易受到像熱透

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明(24)

鏡及熱雙重折射影響而變形，因此導致輸出功率變為不穩定及光學元件調準變得更複雜。再者，由於在光學元件上的雷射光束之平均強度增加，光學元件較可能會損壞。更甚者，波長變換晶體之相位匹配角會因溫度改變而變化。特別是，當合成頻率雷射光束的平均輸出功率變為接近不小於 1W 時，上述因元件熱變形所產生的負面效應將會使顯著出現。在這種情況下，藉由縮短二次諧波生成波長變換晶體，可簡化依波長變換晶體角度而改變的特性，且即使在熱變形效應下亦可實現具高再製性之配置。再者，由於二次諧波生成波長變換晶體的相位匹配角容忍度被加寬，所以即使相位匹配角因溫度變化而改變時，亦可將輸出功率因相位匹配條件變化而導致之變化減少。如上所述，本發明之波長變換雷射裝置發明中，可提供一裝置，其是穩定的且就算在具有不低於 1W 之合成頻率輸出功率之高輸出功率操作下，其具有高可靠度且可輕易操作。

實施例 9

第 10 圖係顯示本發明實施例 9 之結構圖。在第 10 圖中，參考數字 4a 為對基礎波雷射光束而言具有高反射率及對二次諧波雷射光束和三次諧波雷射光束而言具有高透射比之反射鏡，5a 為對四次諧波雷射光束而言具有高透射比，及對三次諧波，二次諧波與基礎波雷射光束而言具有高反射性之反射鏡，6a 為二次諧波生成波長變換晶體，7a 為第一合成頻率生成波長變換晶體，10 是第二合成頻率生成波長變換晶體。二次諧波生成波長變換晶體 6a 的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

### 五、發明說明 ( 25 )

長度較合成頻率生成變換晶體 7a 及 10 之長度短。

在第 10 圖中所示之波長變換雷射裝置中，一線性偏光之基礎波脈衝雷射光束是由雷射諧振鏡 1，9 及反射鏡 4a，5a，固態雷射活性介質 3，偏光元件 2 與 Q 切換元件 8 所生成，且藉由放置在雷射諧振器內的二次諧波生成波長變換晶體 6a 將此光束的一部份變換成二次諧波雷射光束。將如此生成的二次諧波雷射光束的一部份及部份沒有變換成二次諧波雷射光束之基礎波雷射光束利用放置在雷射諧振器內之第一合成頻率生成波長變換晶體 7a 變換成三次諧波雷射光束。將如此生成的三次諧波雷射光束的一部份及部份的基礎波雷射光束，利用第二合成頻率生成波長變換晶體 10 變換成四次諧波雷射光束。由反射鏡 5a 抽離出如此生成之四次諧波雷射光束。三次諧波雷射光束與二次諧波雷射光束則是由反射鏡 4a 抽離出。

在第 10 圖中所顯示之波長變換雷射裝置中，除了用於從基礎波雷射光束和二次諧波雷射光束生成三次諧波雷射光束之合成頻率生成波長變換晶體 7a 外，將用於從基礎波雷射光束和三次諧波雷射光束生成四次諧波雷射光束之第二合成頻率生成波長變換晶體 10 插入雷射諧振器內。在以上述方法建構之雷射裝置中，將二次諧波生成波長變換晶體 6a 之長度  $l_{20}$  設定為較第一合成頻率生成波長變換晶體 7a 的長度  $l_{30}$  和第二合成頻率生成波長變換晶體 10 的長度  $l_{40}$  短；因此，可簡化由二次諧波生成波長變換晶體角度決定之合成頻率雷射光束的輸出變化。在此，第

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 26 )

10 圖舉出一在雷射諧振器內插入二個合成頻率產生波長變換晶體的例子；然而，合成頻率生成波長變換晶體的數目並不設限為 2 個。

### 實施例 10

第 11 圖係顯示根據本發明實施例 10 之構造圖形。在第 11 圖中，參考數字 3a, 3b 為固態雷射活性介質，而 11 為做為偏光元件之  $90^\circ$  偏光迴轉裝置。

在具有第 11 圖中所顯示構造之波長變換雷射裝置中， $90^\circ$  偏光迴轉裝置 11，放在二個固態雷射活性介質 3a 和 3b 之間，是在波長變換雷射裝置中用來消除(補償)熱雙重折射，其是由在固態雷射活性介質內部受加壓光線與振盪雷射光束之影響而生成的熱所引起之偏光方向決定的，因此加寬使合成頻率雷射光束以穩定方式產生的加壓強度區域是有可能的，且可進一步改善穩定度及重製性，亦可增加振盪效率。再者，在第 11 圖所顯示之合成頻率生成裝置中，將二次諧波生成波長變換晶體 6 之長度設定成較合成頻率生成波長變換晶體 7 短，所以可建構具高重製性且可輕易操縱之穩定雷射裝置。

### 實施例 11

第 12 圖係顯示本發明實施例 11 之構造圖。在第 12 圖中，參考數字 12 為包含有二個波長變換晶體之波長變換元件，也就是，將合成頻率生成波長變換晶體 7b 與二次諧波生成波長變換晶體 6b 藉由擴散接合或固定在相同波長變換晶體支撐物上的方法予以整合。其二次諧波生成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 27 )

波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體整體地放置在一起之波長變換元件 12 可提供一機構 19，其可完成如整體地改變溫度、將設定波長變換晶體之折射率(依溫度而變)設定為預定值及微調角度等之相位匹配程序。再者，將構成整合波長變換元件 12 的二次諧波產生波長變換晶體 6b 長度設定為較合成頻率波長變換晶體 7b 短。

在第 12 圖所示之波長變換雷射裝置中，線性偏光之基礎波脈衝雷射光束由雷射諧振鏡 1，4 與反射鏡 5，9，固態雷射活性介質 3，偏光元件 2 及 Q 切換元件 8 所產生的，且利用放置在雷射諧振器內之構成波長變換元件 12 之二次諧波產生波長變換晶體 6b 將此光束之一部份變換成二次諧波雷射光束。將如此生成的二次諧波雷射光束之一部份與部份未被變換成二次諧波雷射光束的基礎波雷射光束利用波長變換元件 12 中的合成頻率生成波長變換晶體 7b 變換成合成頻率雷射光束。從反射鏡 5 抽離出如此生成之合成頻率雷射光束，且從反射鏡 4 抽離出二次諧波雷射光束。

在第 12 圖所顯示之波長變換雷射裝置中，在製作其二次諧波產生波長變換晶體 6b 與合成頻率生成波長變換晶體 7b 是整合在一起之波長變換元件 12 時，必需設定二次諧波生成波長變換晶體 6b 與合成頻率生成波長變換晶體 7b 以便增加他們相位匹配角容忍度之重疊部份。在此，已知波長變換晶體之相位匹配角是隨晶體的溫度而改變。然而，通常，在二次諧波生成波長變換晶體 6b 與在合成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 28 )

頻率生成波長變換晶體 7b 間改變角度之方法是有差異的 (相位匹配角改變之方向, 和變動之大小); 因此, 當以第 12 圖所顯示之配置建構高輸出功率合成頻率生成雷射裝置時, 將在波長變換元件 12 上發生由高平均輸出功率所引起之溫度變化, 結果使得二次諧波生成波長變換晶體 6a 與合成頻率生成波長變換晶體 7b 間不同振幅和不同方向之變動會引起相位匹配角之變化。為了即使這種情況下亦能提供適當的相位匹配程序, 必須將相位匹配角之容忍度加寬到在實際應用時不會引起問題的位準。如第 12 圖中所說明, 在本實施例中, 由於將二次諧波生成波長變換晶體 6b 之長度設定成較合成頻率波長變換晶體 7b 之長度短, 所以可將二次諧波生成波長變換晶體之相位匹配角容忍度設定的較寬, 因此可輕易製作出波長變換元件 12。再者, 可建構對相位匹配角度之變化而言具有足夠容忍度之裝置, 其中此變動是導因於在產生高輸出功率雷射光率時所引起之溫度變化。

### 實施例 12

第 13 圖係顯示本發明實施例 12 之構造圖。在此, 為取代在第 1 圖中的反射鏡 4 和 5, 採用如稜鏡以折射方式將波長分散之雷射光束分離光學元件 5b, 且藉由使用雷射光束分離元件, 可執行做為合成頻率雷射光束之基礎波、二次諧波雷射光束 (第 13 圖中  $2\omega$ ) 及三次諧波雷射光束 (第 13 圖中  $3\omega$ ) 之分離。在此種配置中, 亦能實現如第 1 圖中的相同操作, 且可提供具有高重製性之穩定雷射裝

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 ( 29 )

置。

### 實施例 13

第 14 圖係顯示本發明實施例 13 之構造圖。在第 14 圖中，參考數字 17 是由任何一種在第 1，10，11，12 與 13 圖中所顯示之任何一個波長變換雷射裝置所構成之雷射光加工裝置。參考數字 13 是一雷射光束折光鏡，14 為如透鏡之雷射光束塑形及聚合元件，15 是用來做為加工的雷射光束而 16 則是加工物件。

在具有第 14 圖所顯示之配置之雷射加工裝置，由在第 1、10、11、12 及 13 圖所顯示的任何一波長變換雷射 17 所產生之雷射光束是由折光鏡 13 所折射，由元件 14 塑形及聚焦，且入射在加工物件 16 上做為加工用。

在具有第 14 圖所顯示結構之雷射加工裝置中，因為使用由第 1、10、11、12 及 13 圖所顯示之任何一種具有高重製性之波長變換雷射 17 穩定產生雷射光束，所以可實現具高重製性之穩定加工程序。再者，當波長變換雷射 17 之任何一個組成零件(光學零件如半導體雷射及加壓光源中的燈泡，波長變換晶體，及反射鏡)損壞且需換修時，即可輕易實現此配置且可在很短的時間內完成光學系統與諧振器之調整；因此，可輕易地將雷射裝置恢復到修護前之狀態並可以修護前相同之操作條件再產生修護前的加工。以此方式，使用在第 1、10、11、12 及 13 圖中所顯示之任一種波長變換雷射裝置 17 之雷射加工裝置具有優越的穩定度且可提供高重製性之加工。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明（30）

具有上述配置之本發明展示了下面的效應。

根據本發明申請專利範圍第 1 項之雷射裝置，其具有將二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率波長生成波長變換晶體放置在包含有固態雷射活性介質的雷射諧振器內之雷射光學軸上的波長變換雷射裝置，其將在光學軸上的二次諧波生成波長變換晶體的長度設定成較在光學軸上的合成頻率生成波長變換晶體的長度短；因此，它可將由二次諧波生成波長變換晶體角度所決定之合成頻率雷射光束的輸出功率特性簡化，且因此可建構具有高重製性且易於操縱之波長變換雷射裝置。

根據申請專利範圍第 2 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之雷射裝置相同，係設計使得合成頻率生成波長變換晶體可做為生成三次諧波雷射光束的波長變換晶體；因此，它可將由二次諧波生成波長變換晶體角度所決定之三次諧波雷射光束的輸出功率特性簡化，且因此可建構具有高重製性且易於操縱之波長變換雷射裝置。

根據申請專利範圍第 3 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，其設計使得合成頻率生成波長變換元件是由多個波長變換晶體所做成；因此，它可將由二次諧波生成波長變換晶體角度所決定之合成頻率雷射光束的輸出功率特性簡化，且因此可建構具有高重製性且易於操縱之波長變換雷射裝置。

根據申請專利範圍第 4 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 3 項之波長變換雷射裝置相同，其設計使得合成頻

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 31 )

率生成波長變換晶體是由二個波長變換晶體所組成用以生成四次諧波雷射光束；因此，它可將由二次諧波生成波長變換晶體角度所決定之四次諧波光束的輸出功率特性簡化，且因此可建構具有高重製性且易於操縱之波長變換雷射裝置。

根據申請專利範圍第 5 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，其設計使得可將合成頻率生成波長變換晶體排列在固態雷射活性介質與二次諧波生成波長變換晶體之間的位置，因此，可提供具高重製性之穩定裝置。

尤甚者，根據申請專利範圍第 6 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，將其設計成諧振器 Q 值調變元件是放在雷射諧振器內；因此，波長變換效率變得較連續波操作時高。在此情形下，它也可平緩與簡化由波長變換晶體角度和諧振器內基礎波功率變化所決定之二次諧波輸出功率，因此可簡化合成頻率雷射光束輸出功率對二次諧波生成波長變換晶體角度的相依關係；因此，建構容易操縱之波長變換雷射裝置是有可能的。

根據申請專利範圍第 7 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，其設計使得可安裝能以不超過 $\pm 0.1$ 度之準確度至少微調其中一波長變換晶體角度之機構；因此，可輕易進行波長變換雷射裝置之處理，其在傳統上由於複雜角度關係而使得此控制是困難的。

根據申請專利範圍第 8 項之雷射裝置，其與申請專利

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 32 )

範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，其設計使得可安裝能以不超過 $\pm 0.5$ 度之準確度至少微調其中一波長變換晶體溫度之機構；因此，可輕易進行波長變換雷射裝置之處理，其傳統上需進行波長變換晶體之溫度控制且因波長變換晶體之複雜角度關係而使得此控制是困難的。

根據申請專利範圍第 9 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，其設計使得偏光控制元件是放置在雷射諧振器內，因此，可將穩定波長變換雷射裝置改善成具有高重製性及高效率，以致於可具有較高之重製性和較易操作。

根據申請專利範圍第 10 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，其設計成可使用 Nd:YAG 或 Nd:YLF 或 Nd:YVO<sub>4</sub> 做為固態活性介質；因此，可將穩定的波長變換雷射裝置改善成具有高重製性，高效率與短脈衝寬度，以致於可具有較高之重製性且較易操作。

根據申請專利範圍第 11 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，其設計成至少可使用 LBO(LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>) 晶體做為二次諧波生成變換晶體或合成頻率生成波長變換晶體之其中一個；因此，可將穩定的波長變換雷射裝置改善成具有高重製性和高產生效率，以致於可具有較高之重製性且較易操作。

根據申請專利範圍第 12 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，將其設計成合成頻率

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 33 )

變換雷射光束具有不低於 1W 的平均輸出功率。在此一裝置中，即使是在因熱變形，光學元件的損壞與波長變換晶體中溫度的變化而導致相位匹配角有偏差之情形下，因為二次諧波生成波長變換晶體是短的且相位匹配角容忍度是寬的，所以就算是在平均輸出功率是高的情形下建構具有高重製性與高生成效率之易操作的穩定波長變換雷射裝置是有可能的。

根據申請專利範圍第 13 項之雷射裝置，其與申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置相同，將其設計成可將二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體整合成一波長變換元件以便可整體改變二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率波長變換晶體的溫度或角度。在此一裝置中，就算波長轉換晶體因溫度變化所導致之相位匹配角度容忍度變動方式不相同之二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體是一體成形的，當二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體遭受到溫度變化時，使其配置可允許此二晶體的相位匹配角容忍度重疊到一在實際使用上不會引起問題的位準；因此，可構成一穩定的雷射裝置。

根據申請專利範圍第 14 項之加工裝置為利用由申請專利範圍第 1 項所揭露之波長變換雷射裝置所生成之波長變換雷射光束做為光源用來加工加工物件之雷射加工裝置；因此，可提供能長時間穩定，以高重製性及高精確度執行加工之便宜加工裝置，且此裝置亦是容易維修的。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

90年5月4日 修正  
補充

附件  
一

# 五、發明說明 ( 34 )

## [元 件 符 號 說 明]

- |                            |            |
|----------------------------|------------|
| 1、9                        | 雷射諧振鏡      |
| 2                          | 偏光器        |
| 2 $\omega$ 、3 $\omega$ 、15 | 雷射光束       |
| 3、3a、3b                    | 固態活性介質     |
| 4、4a、5、5a                  | 反射鏡        |
| 5b                         | 雷射光束分離光學元件 |
| 6、6a、6b、6c、7、7a、7b、7c、10   | 晶體         |
| 8                          | Q值切換裝置     |
| 11                         | 90°偏光迴轉裝置  |
| 12                         | 波長變換元件     |
| 13                         | 折光鏡        |
| 14                         | 雷射光塑形及聚合元件 |
| 16                         | 加工物件       |
| 17                         | 波長變換雷射     |
| 18                         | 反射鏡        |
| 20                         | 雷射振盪光學軸    |

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

長

訂

線

## 第 88120111 號專利申請案

## 申請專利範圍修正本

(90 年 5 月 4 日)

1. 一種用於生成合成頻率雷射光束之波長變換雷射裝置，包含有：

雷射諧振器；

固態雷射活性介質；

二次諧波生成波長變換晶體；

合成頻率生成波長變換晶體；以及

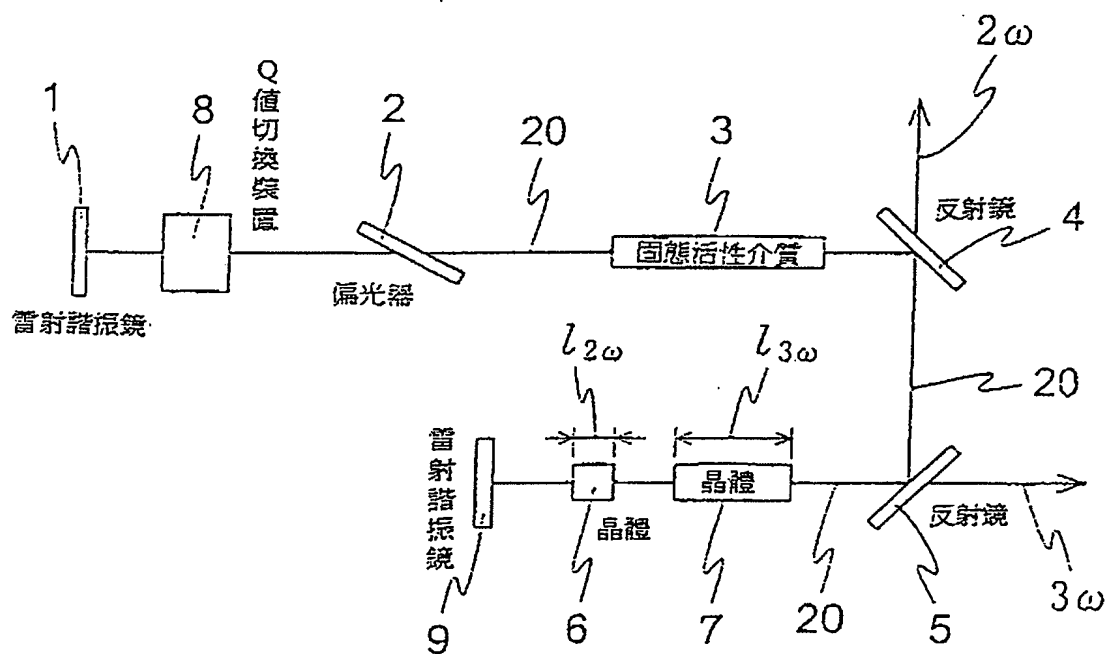
其中將二次諧波生成波長變換晶體沿著光學軸之長度設定為較合成頻率生成波長變換晶體之長度短。

2. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體是做為三次諧波生成波長變換晶體。
3. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體包含有複數個波長變換晶體。
4. 如申請專利範圍第 3 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體包含有二個波長變換晶體故可生成四次諧波雷射光束。
5. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體是位於固態雷射活性介質與二次諧波生成波長變換晶體之間。
6. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，進一步在諧振器中設有諧振器 Q 值調變元件。

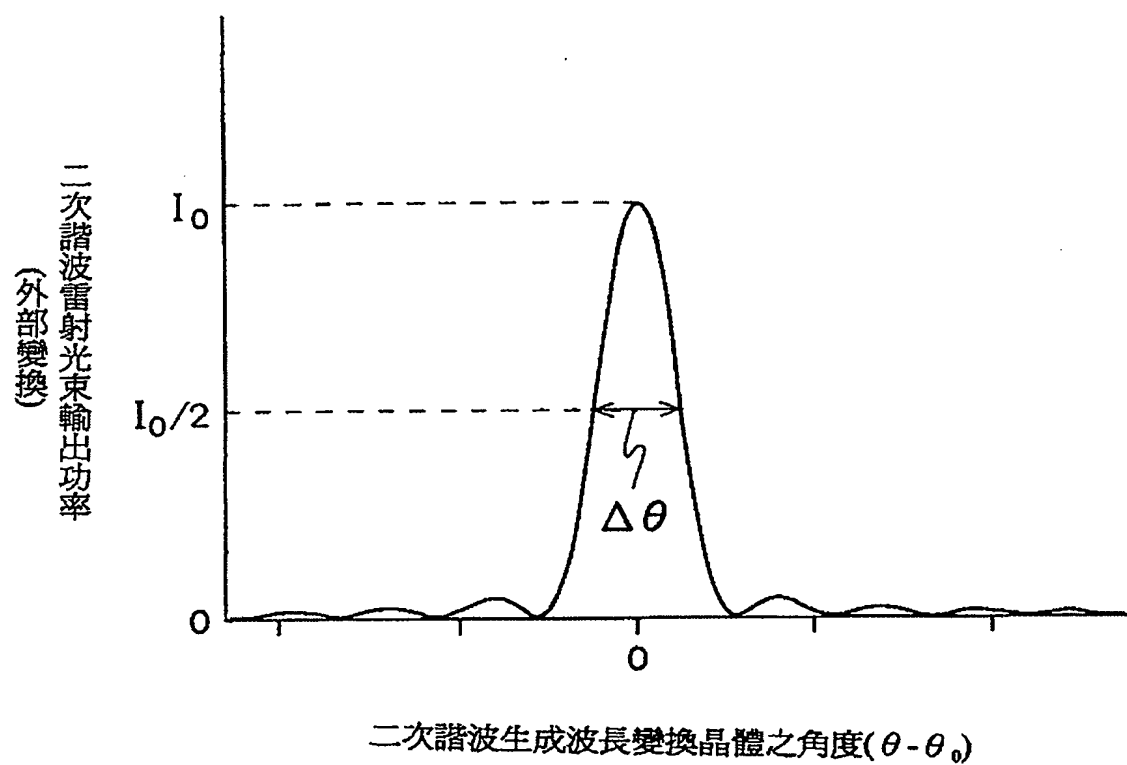
7. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，更包含有角度調整裝置，以不超過 $\pm 0.1$ 度之準確度至少調整波長變換晶體其中之一的角度。
8. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，更包含有溫度調整裝置，以不超過 $\pm 0.5$ 度之準確度至少調整波長變換晶體其中之一的溫度。
9. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，進一步在諧振器中設有偏光控制元件。
10. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中固態雷射活性介質是由 Nd:YAG、Nd:YLF 及 Nd:YVO<sub>4</sub> 中之其中一種所組成。
11. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中至少將 LBO(LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>)晶體當做二次諧波生成波長變換晶體或合成頻率生成波長變換晶體。
12. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率雷射光束的輸出功率不低於 1 瓦特(Watt)。
13. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體是形成於一整體波長變換元件中，所以可整體調整波長變換晶體的溫度或角度。
14. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其係作為雷射加工裝置之光源以加工一工件。



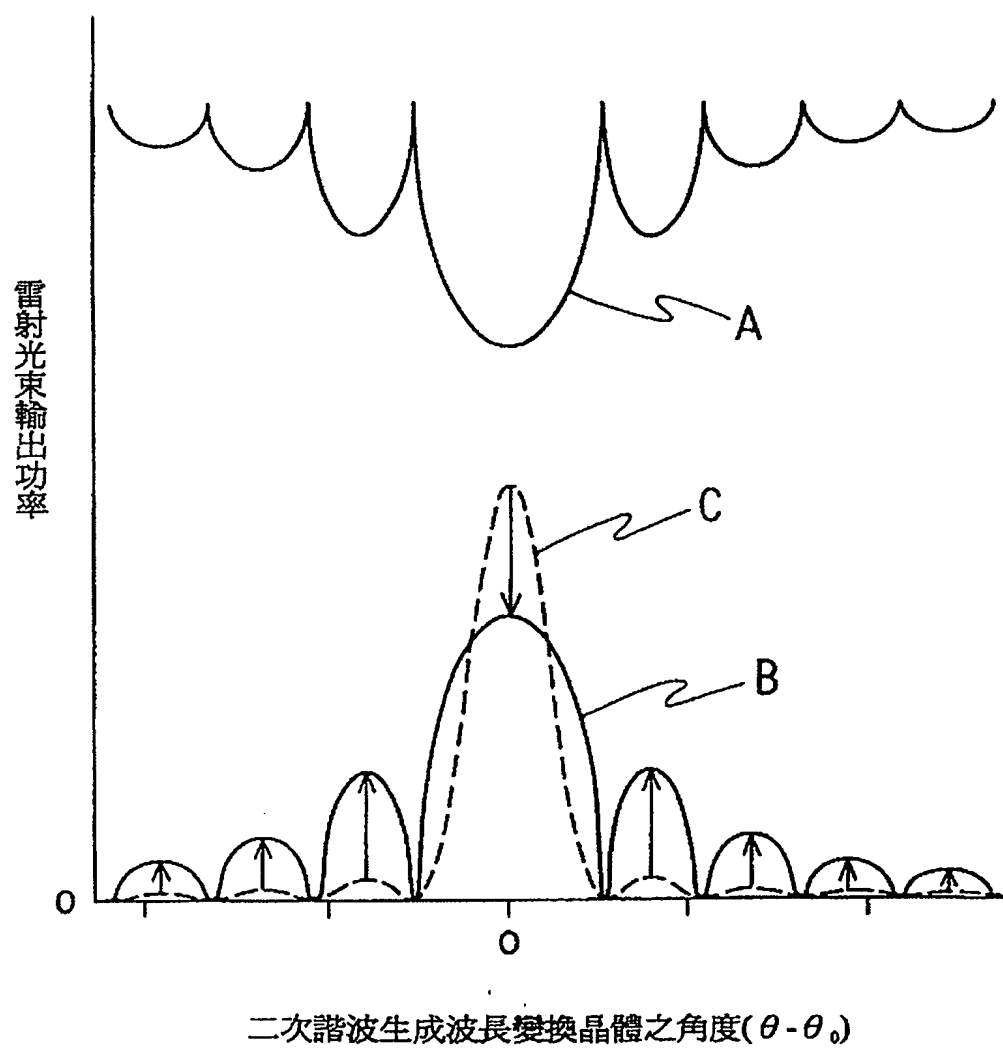
90年5月4日 修正  
補充



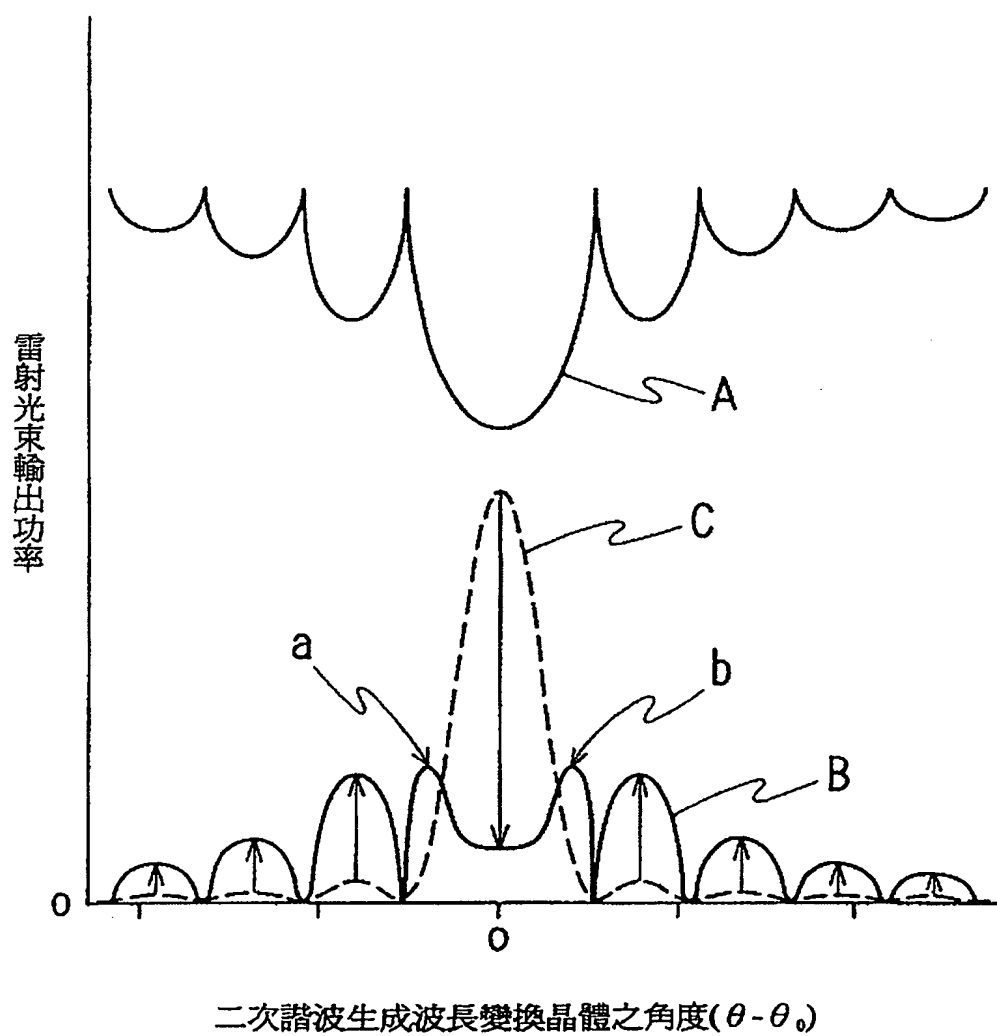
第 1 圖



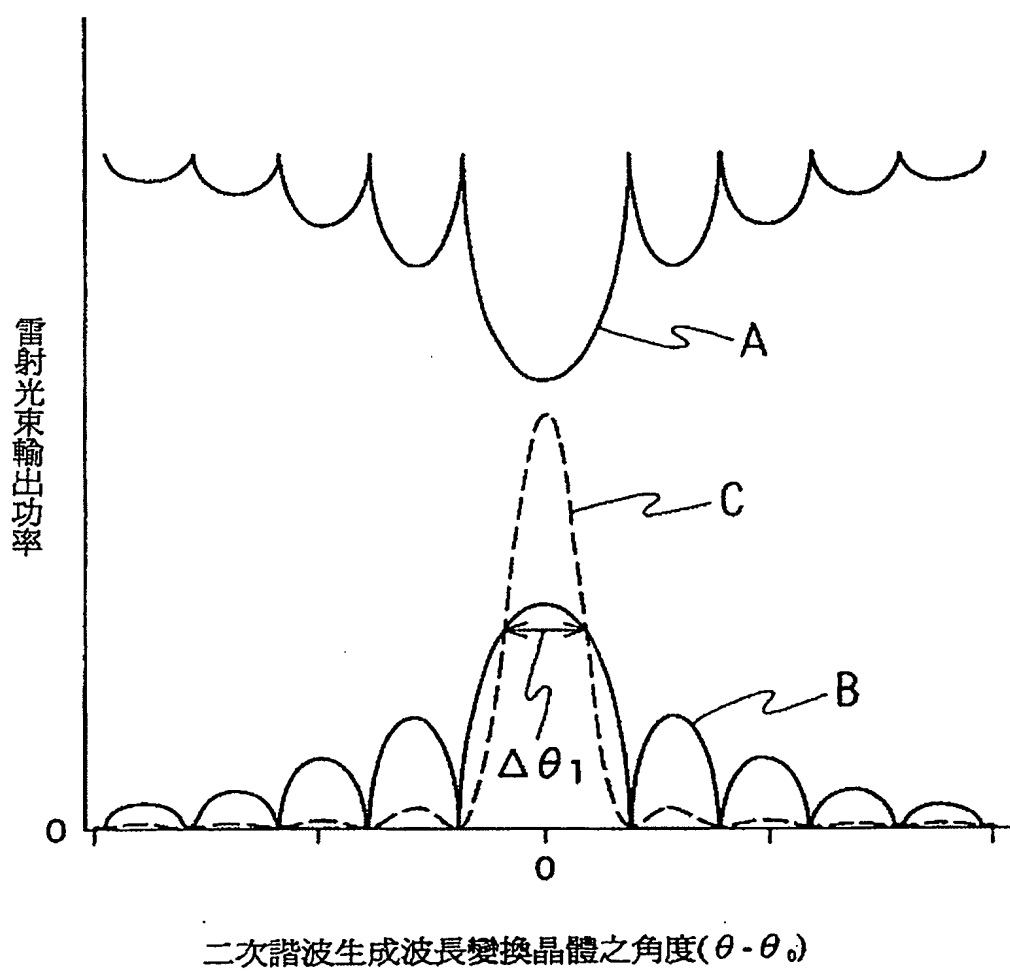
第 2 圖



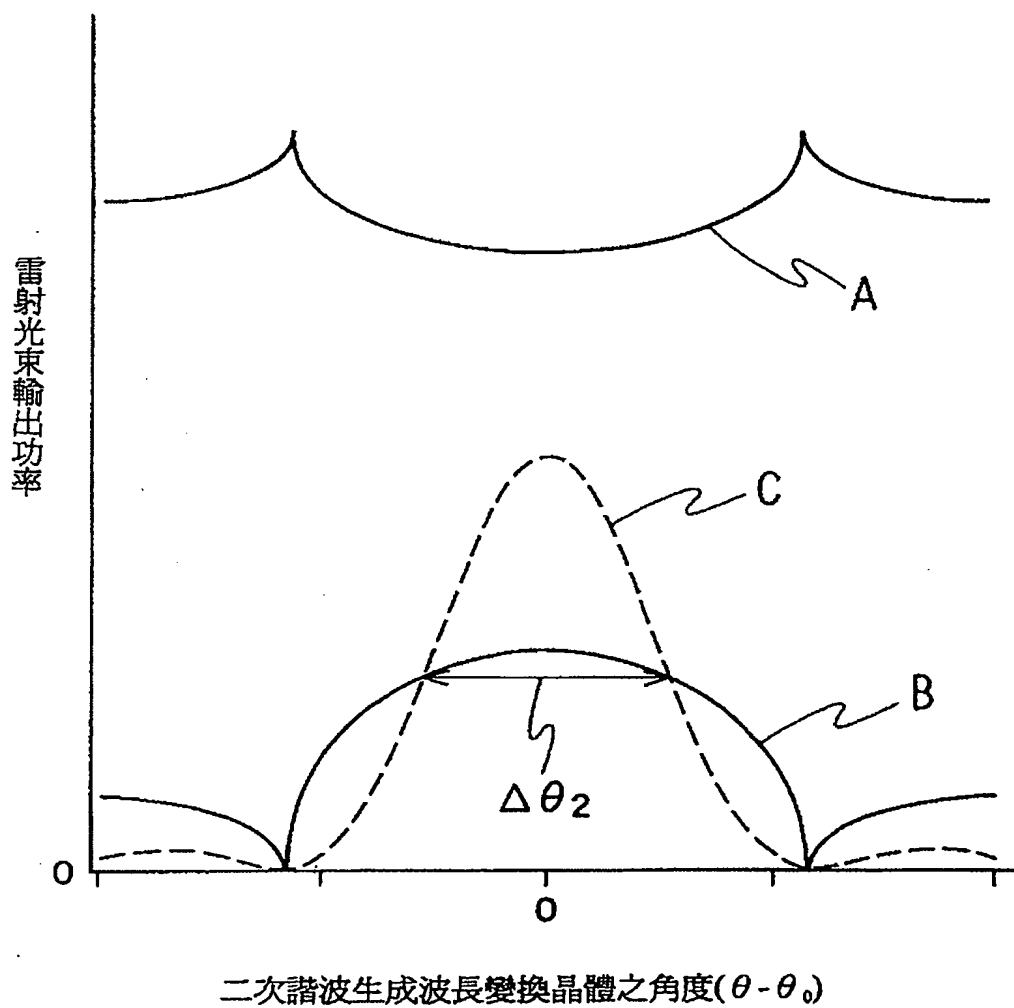
第 3 圖



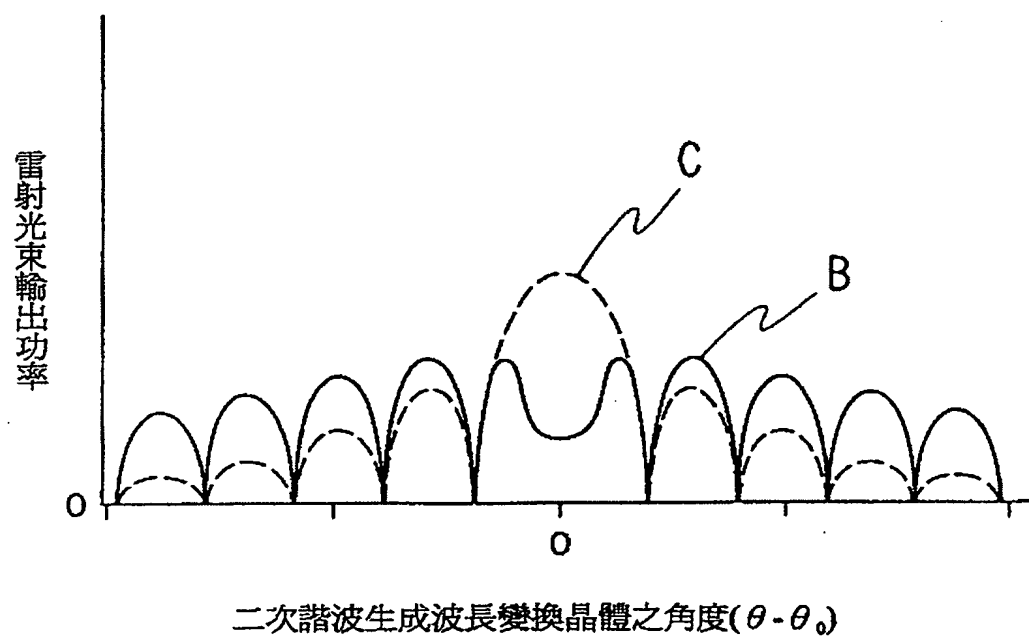
第 4 圖



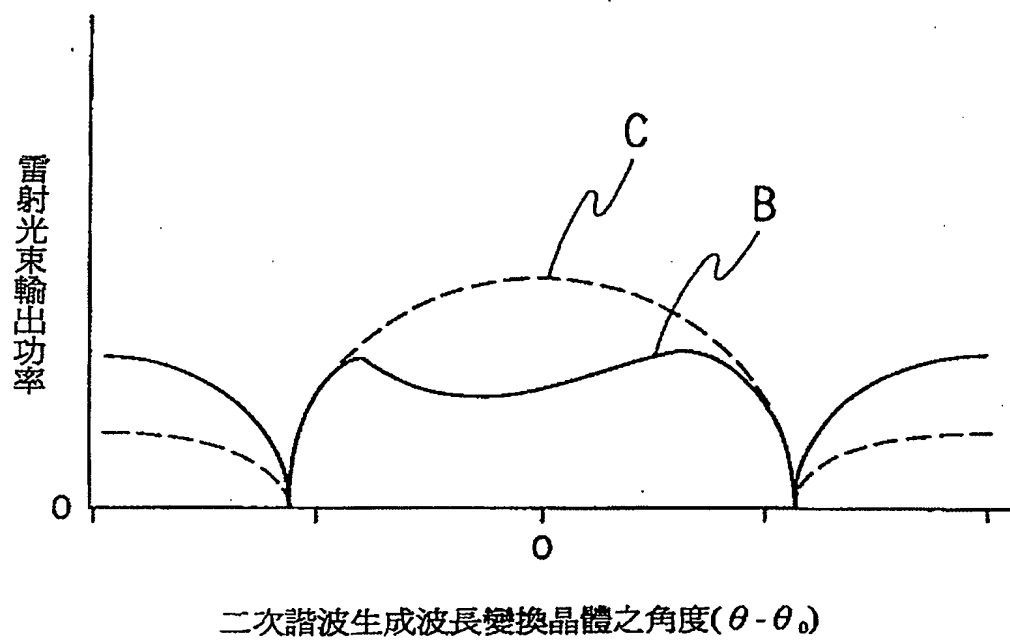
第 5 圖



第 6 圖

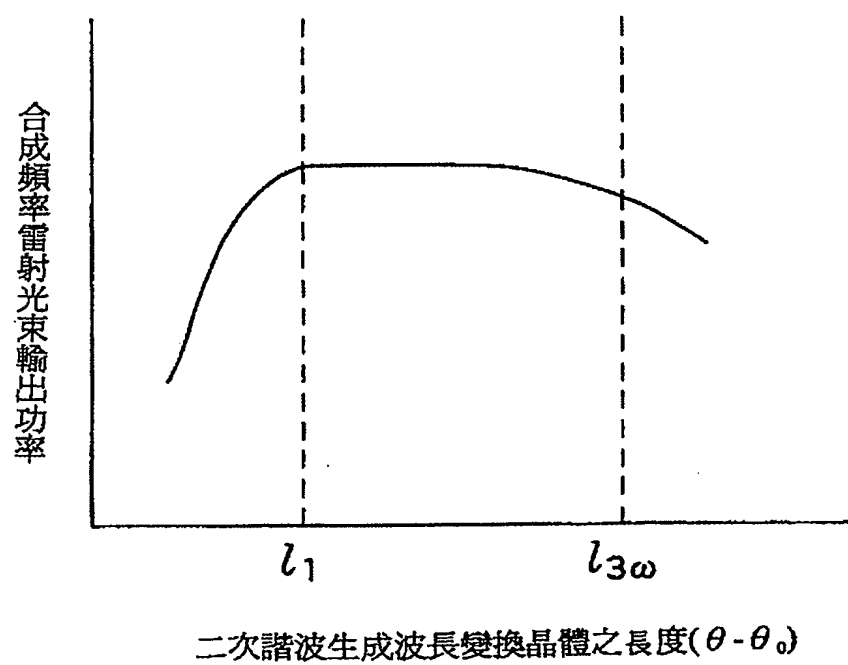


第 7 圖



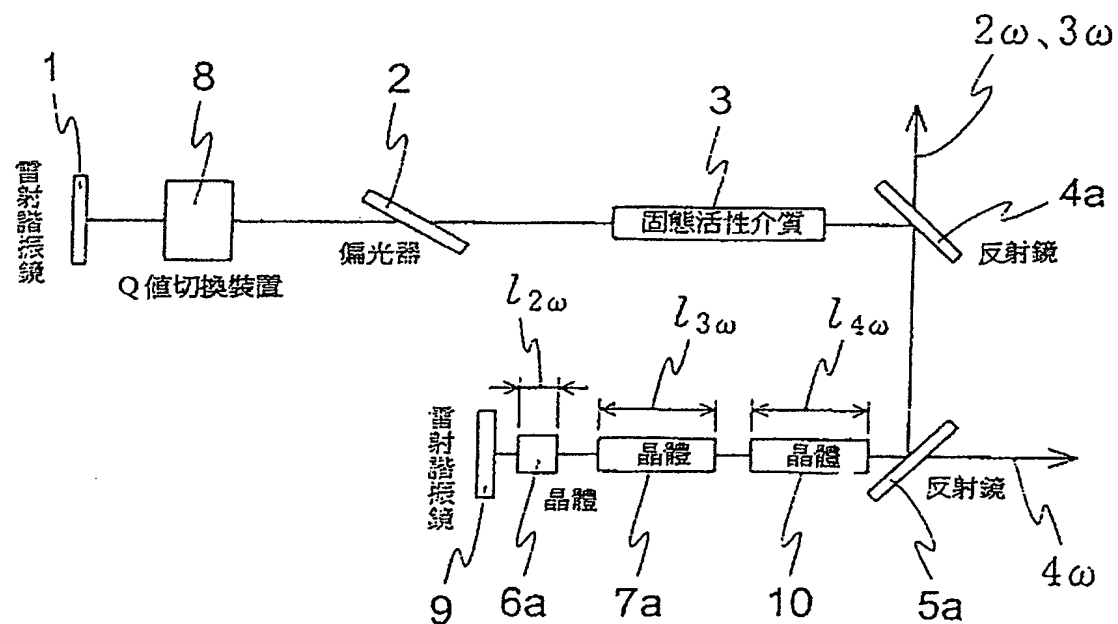
第 8 圖



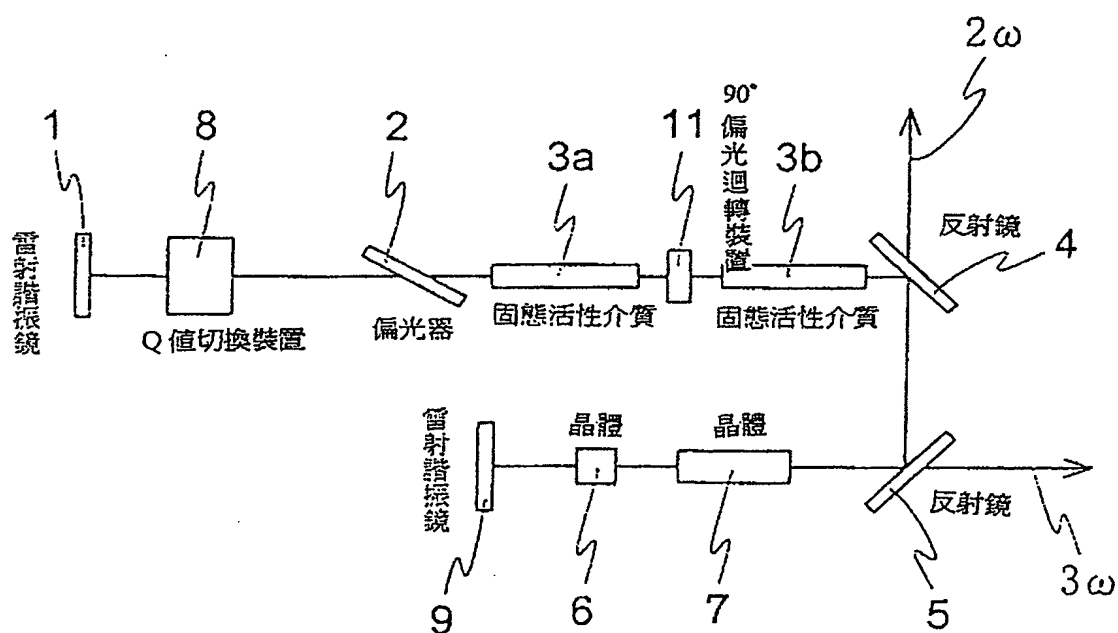


第 9 圖

90年5月4日修正  
補充

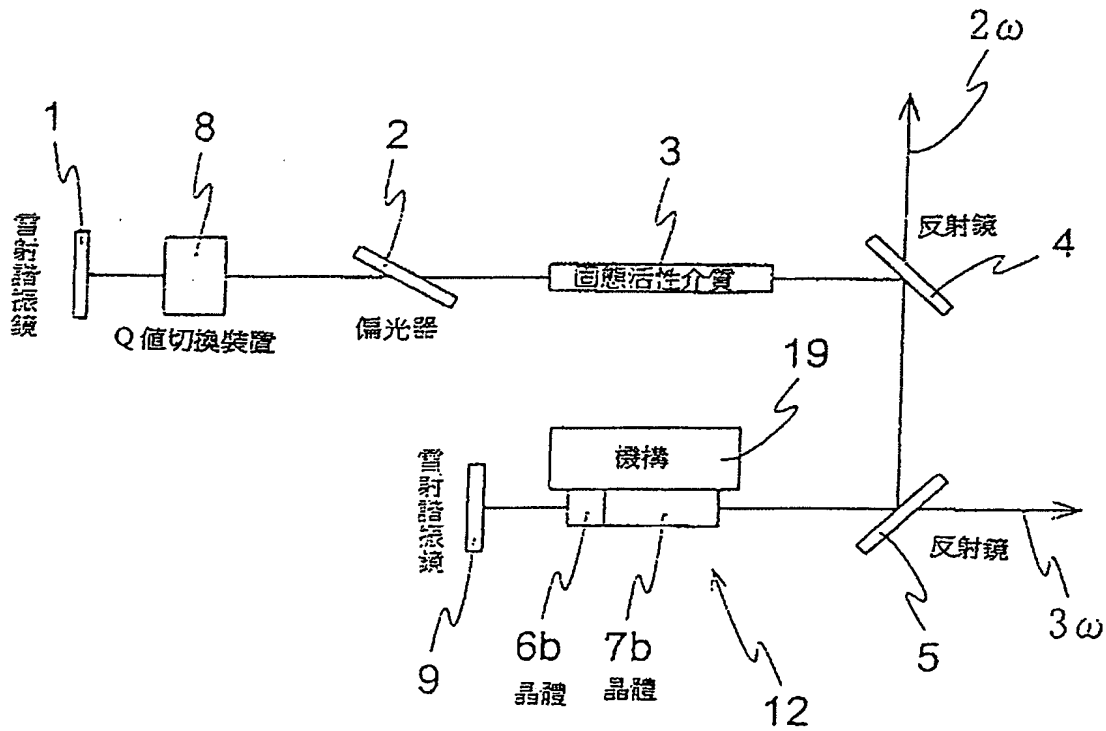


第10圖

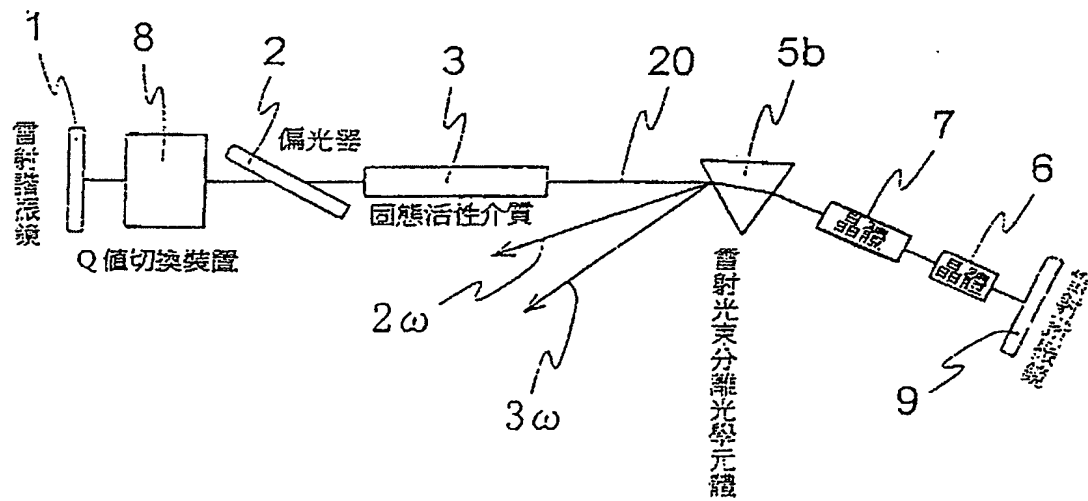


第11圖

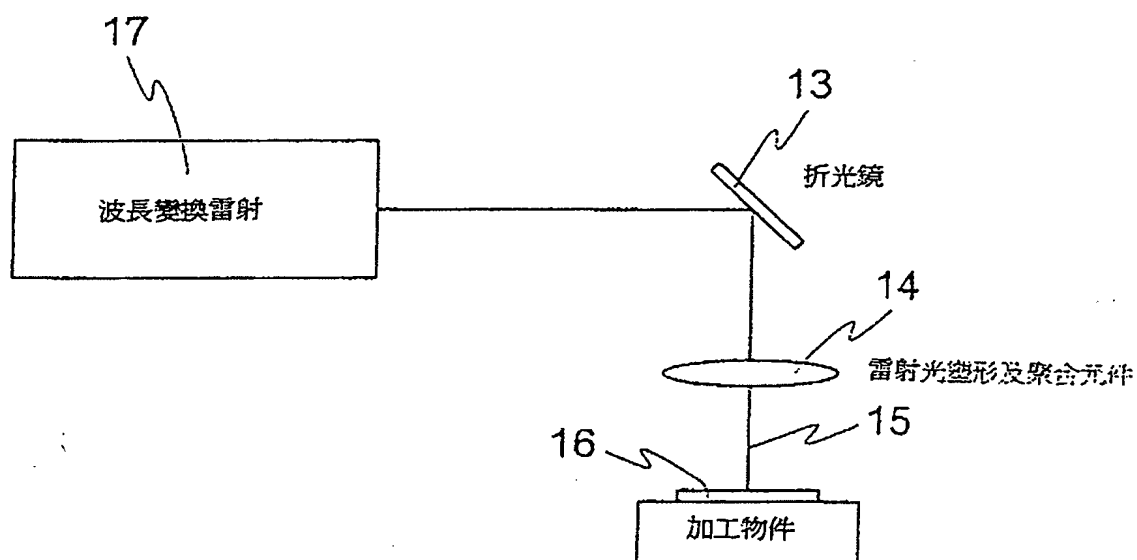
修正  
補充  
90年5月4日



第12圖

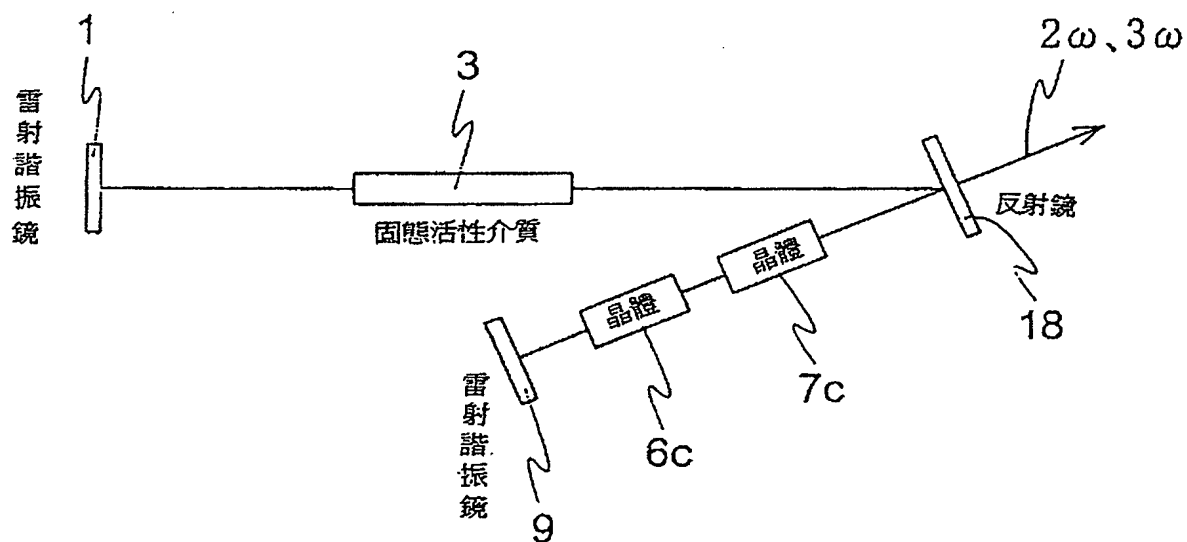


第13圖



第14圖

90年5月4日 修正  
補充



第15圖 (先前技術)

附件  
一

## 五、發明說明 ( 34 )

## [元件符號說明]

- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| 1、9                      | 雷射諧振鏡      |
| 2                        | 偏光器        |
| 2ω、3ω、15                 | 雷射光束       |
| 3、3a、3b                  | 固態活性介質     |
| 4、4a、5、5a                | 反射鏡        |
| 5b                       | 雷射光束分離光學元件 |
| 6、6a、6b、6c、7、7a、7b、7c、10 | 晶體         |
| 8                        | Q值切換裝置     |
| 11                       | 90°偏光迴轉裝置  |
| 12                       | 波長變換元件     |
| 13                       | 折光鏡        |
| 14                       | 雷射光塑形及聚合元件 |
| 16                       | 加工物件       |
| 17                       | 波長變換雷射     |
| 18                       | 反射鏡        |
| 20                       | 雷射振盪光學軸    |

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

 長  
訂  
線



## 第 88120111 號專利申請案

## 申請專利範圍修正本

(90 年 5 月 4 日)

1. 一種用於生成合成頻率雷射光束之波長變換雷射裝置，包含有：

雷射諧振器；

固態雷射活性介質；

二次諧波生成波長變換晶體；

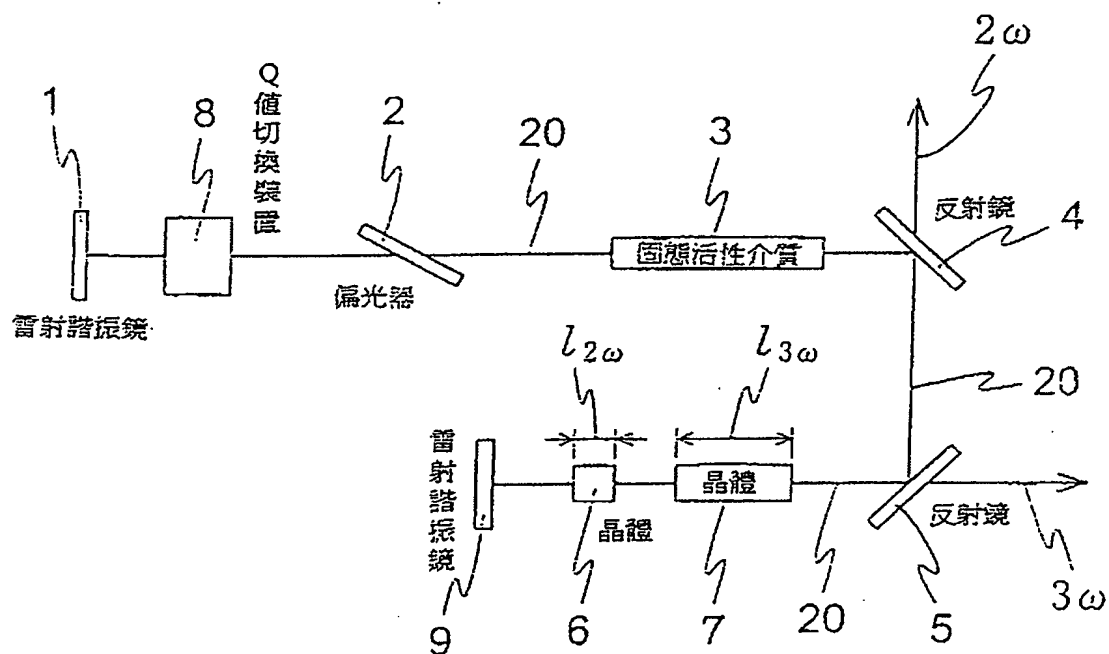
合成頻率生成波長變換晶體；以及

其中將二次諧波生成波長變換晶體沿著光學軸之長度設定為較合成頻率生成波長變換晶體之長度短。

2. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體是做為三次諧波生成波長變換晶體。
3. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體包含有複數個波長變換晶體。
4. 如申請專利範圍第 3 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體包含有二個波長變換晶體故可生成四次諧波雷射光束。
5. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率生成波長變換晶體是位於固態雷射活性介質與二次諧波生成波長變換晶體之間。
6. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，進一步在諧振器中設有諧振器 Q 值調變元件。

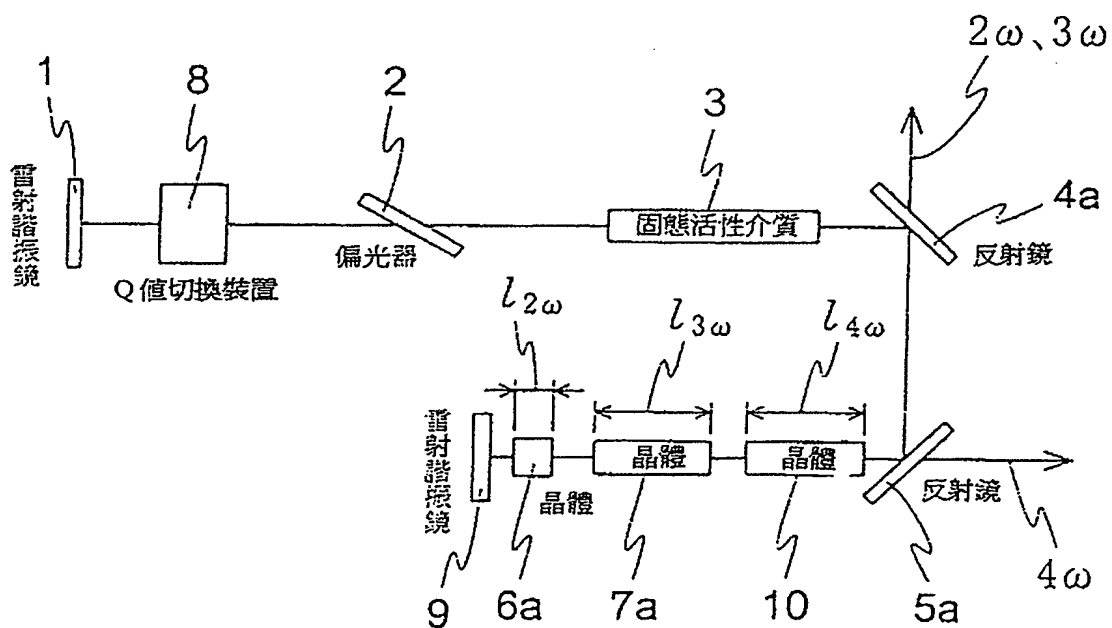
7. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，更包含有角度調整裝置，以不超過 $\pm 0.1$ 度之準確度至少調整波長變換晶體其中之一的角度。
8. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，更包含有溫度調整裝置，以不超過 $\pm 0.5$ 度之準確度至少調整波長變換晶體其中之一的溫度。
9. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，進一步在諧振器中設有偏光控制元件。
10. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中固態雷射活性介質是由 Nd:YAG、Nd:YLF 及 Nd:YVO<sub>4</sub> 中之其中一種所組成。
11. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中至少將 LBO(LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>)晶體當做二次諧波生成波長變換晶體或合成頻率生成波長變換晶體。
12. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中合成頻率雷射光束的輸出功率不低於 1 瓦特(Watt)。
13. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其中二次諧波生成波長變換晶體與合成頻率生成波長變換晶體是形成於一整體波長變換元件中，所以可整體調整波長變換晶體的溫度或角度。
14. 如申請專利範圍第 1 項之波長變換雷射裝置，其係作為雷射加工裝置之光源以加工一工件。

90年5月4日 修正  
補充

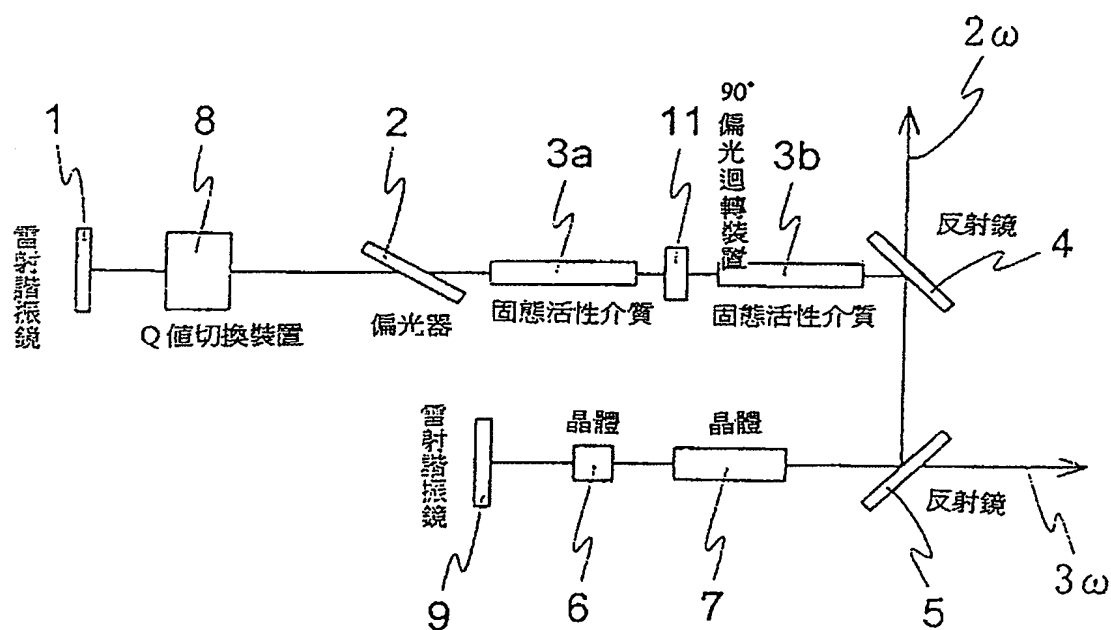


第 1 圖

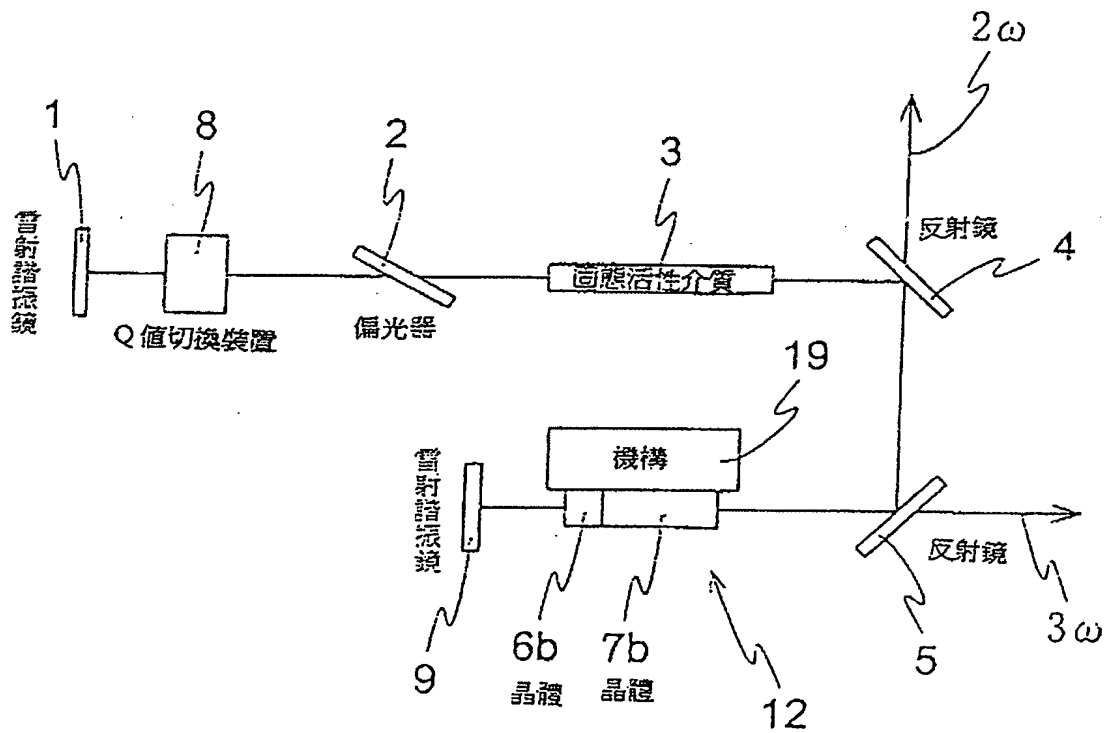
90年5月4日 修正  
補充



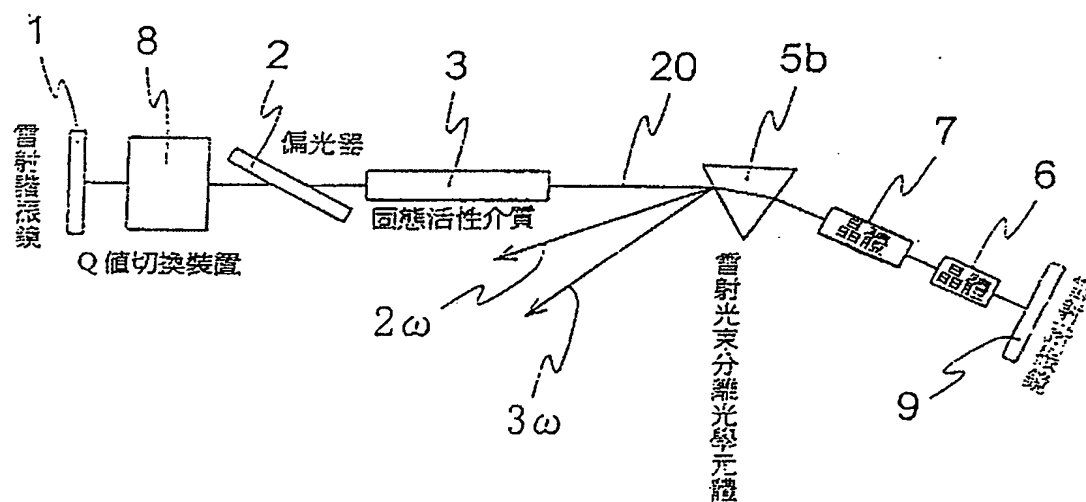
第10圖



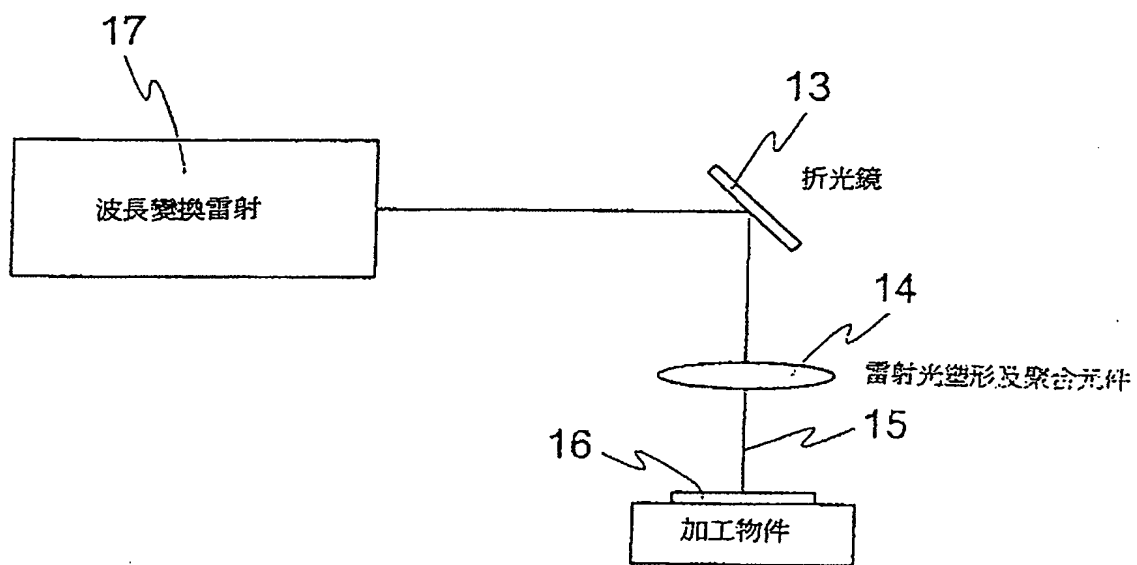
第11圖



第12圖



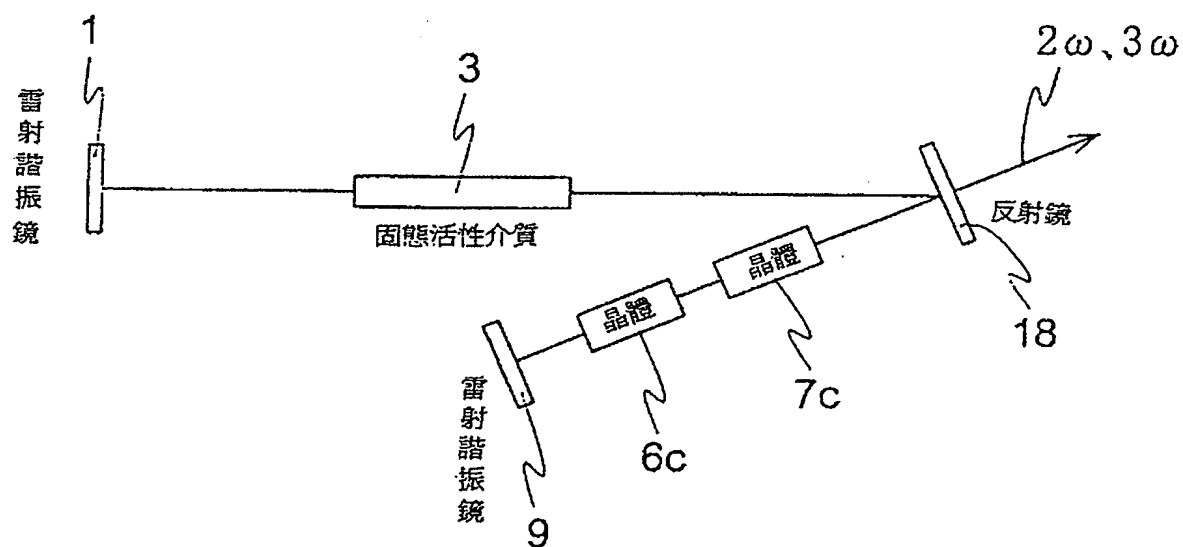
第13圖



第14圖



90年5月4日 修正  
補充



第15圖 (先前技術)